

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
EXTENSIÓN CANTAURA
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**



**EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN,
TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL DE AGUAS SERVIDAS
DEL MUNICIPIO SANTA ANA, ESTADO ANZOÁTEGUI**

Autores:

Br. Aracelis Maita

Br. Domerlyng Bucán

Trabajo de grado presentado ante la Universidad de Oriente, como requisito
para optar al título de:

INGENIERO CIVIL

Cantaura, Julio de 2021

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
EXTENSIÓN CANTAURA
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**



**EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN,
TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL DE AGUAS SERVIDAS
DEL MUNICIPIO SANTA ANA, ESTADO ANZOÁTEGUI**

ASESOR

Asesor Académico

Prof. Laurimar Rojas

Cantaura, Julio de 2021

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
EXTENSIÓN CANTAURA
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**



**EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN, TRATAMIENTO Y
DISPOSICIÓN FINAL DE AGUAS SERVIDAS DEL MUNICIPIO
SANTA ANA, ESTADO ANZOÁTEGUI**

JURADO CALIFICADOR

El Jurado hace constar que asignó a esta Tesis la calificación de:

APROBADO

Prof. Anabel González

Jurado Principal

Prof. Daniel Cabrera

Jurado Principal

Cantaura, Julio de 2021

RESOLUCIÓN

De acuerdo con el artículo 41 del Reglamento de Trabajo de Grado:

“Los Trabajos de Grado son de exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente y solo podrán ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien deberá participarlo previamente al Consejo Universitario, para su autorización”.



DEDICATORIA

El presente trabajo de grado va dedicado a Dios, quien como guía estuvo presente en el caminar de mi vida, bendiciéndome y dándome fuerzas para continuar con mis metas trazadas sin desfallecer.

A mis padres, Virginia y Gustavo, por su amor, consejos, trabajo y sacrificio en todos estos años. Así mismo, su apoyo suficiente para no decaer cuando todo parecía complicado e imposible, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy.

A mis hermanos, Adriana, Alfredo, y mi sobrina Ariana, que han sido el apoyo fundamental para lograr los objetivos propuestos, ya que, con su ejemplo y amor profundo, siempre me dieron esperanzas y tuvieron fe en mí. No me alcanzan las palabras para expresar el orgullo y lo bien que me siento por tener una familia tan asombrosa.

A mi novio Alberto, su ayuda ha sido fundamental, has estado conmigo incluso en los momentos más turbulentos. Este proyecto no fue fácil, pero estuviste motivándome y ayudándome hasta donde tus alcances lo permitían. Igualmente, se lo dedico a mis suegros Carlos y Thamara, que se han convertido en mi segunda familia, se han preocupado de mí desde el momento en que llegué a sus vidas, me han apoyado y aconsejado en todo instante.

Este nuevo logro es gracias a ustedes; he logrado concluir con éxito un proyecto que en un principio podría parecer tarea interminable. Les dedico mi tesis a ustedes. ¡Gracias!.

Aracelis F, Maita Rivas.

A Dios todo poderoso, por su infinito Amor y Misericordia, por estar en cada paso que doy, por darme la fortaleza para seguir avanzando y permitirme llegar hasta este punto, alcanzando así una de mis metas.

A mi padre Domingo Bucan y mi amada madre Hermelinda Turipe, por ser el principal motivo para hacer de esta meta una realidad, gracias por todo su amor, por creer siempre en mí y brindarme su apoyo incondicional en los momentos que más los necesite.

A mis hermanos y familia, a quienes admiro, respeto y quiero, por estar conmigo en los momentos buenos y malos.

Por último, a mis sobrinos Eliander Turipe, Nahomi Turipe, Derek Bucan, Guillermo, Aranza y Alexandra, pequeños que me motivan a lograr mis metas y así poder ser un ejemplo para ellos.

Domerlyng del C. Bucan Turipe.

AGRADECIMIENTO

En estas líneas quiero agradecer a todas las personas que hicieron posible esta investigación y que de alguna manera estuvieron conmigo en los momentos difíciles, alegres, y tristes. También, a todos aquellos que contribuyeron con un granito de arena para culminar con éxito la meta propuesta. Estas palabras son para ustedes.

Principalmente agradezco a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mis padres y hermanos, por ser los pilares más importantes y demostrarme todo su amor, comprensión y apoyo, pero sobre todo gracias infinitas por la paciencia que me han tenido. A mi novio y su familia, por compartir momentos significativos conmigo y por siempre estar dispuestos a escucharme y ayudarme en cualquier momento.

A todos mis amigos y compañera de tesis, que gracias a su apoyo moral me permitieron permanecer con empeño, dedicación y cariño. No tengo palabras para agradecerles las incontables veces que me brindaron su apoyo en todas las decisiones que he tomado, unas buenas, otras malas, otras locas. Ellos son: María Rojas, Angelica Solorzano, Diana Belisario, Ángel Pino, María Turmero, Jesús Andrade, Erwin García, José G. Galindo, Eduardo Morón.

De igual manera mis agradecimientos a la casa más alta, la Universidad de Oriente, en especial a todos mis profesores y tutora, quienes con la enseñanza de sus valiosos conocimientos hicieron que pueda crecer día a día como profesional, gracias a cada una de ustedes por su dedicación.

Aracelis F. Maita Rivas

A mi Dios Todo Poderoso, por brindarme la sabiduría y el entendimiento necesario para superar todos los obstáculos que se me presentaron en el camino, enseñándome que todo pasa por algo y debajo del cielo todo tiene su tiempo. Y así, con esa fortaleza cumplir la ley del catalizador de John Maxwell "los equipos ganadores tienen jugadores que hacen que las cosas sucedan".

A mis padres, por haberme motivado a seguir adelante con mis estudios académicos, gracias por cada uno de sus consejos, hoy retribuyo parte de sus esfuerzo, constancia y perseverancia con este logro que más que mío es de ustedes.

A mis compañeros y amigos, quienes estuvieron en momentos buenos y malos brindándome todo su apoyo, gracias; Eduardo Morón, Yennifer Velásquez, Pedro Pereira, Diana Belisario, Stephany Moreno, María Herminia, Toriana, Angélica Solórzano. Gracias a Aracelis Maita, por acompañarme en este camino donde cada una, dio lo mejor de sí con cada esfuerzo, y por compartir conmigo este momento donde veremos nuestra meta inicial hecho realidad.

A nuestra tutora académica Laurimar Rojas, a los profesores; Jesús Álvarez y Jhonatan Martínez por cada una de sus enseñanzas y apoyo a lo largo de este camino.

Por último, pero no menos importante a mi padrino Tomas Páez, y a esas personas que me brindaron su apoyo, gracias a sus aportes, su amor lo que quizás ha sido difícil de lograr, hoy ya se ve realizado, les agradezco y hago presente mi gran afecto hacia a ustedes.

Domerlyng del C. Bucan Turipe

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**



**EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN, TRATAMIENTO Y
DISPOSICIÓN FINAL DE AGUAS SERVIDAS DEL MUNICIPIO
SANTA ANA, ESTADO ANZOÁTEGUI**

Autor(es): Bucán, Domerlyng
Maita, Aracelis
Asesor académico: Rojas, Laurimar
Año: 2020

RESUMEN

Las empresas dedicadas a la actividad de alcantarillado presentan una serie de deficiencias para la gestión y optimización de las condiciones de saneamiento de las comunidades. Tal es el caso de la parroquia Santa Ana, perteneciente al Municipio Santa Ana del estado Anzoátegui, que carece de un sistema apropiado de alcantarillado de aguas servidas y en donde algunas tuberías se encuentran colapsadas, ocasionando malestar a sus habitantes en la salud y en lo social. Por este motivo, el objetivo de esta investigación tuvo como finalidad la evaluación de las redes de recolección y tratamiento de aguas negras existentes del lugar, reflejando que el sistema en general se encuentra en buen funcionamiento, presentando 14 tramos que no cumplen con los requisitos mínimos de funcionamiento de 194 tramos de tuberías estudiados, proponiendo la idea de realizar los estudios necesarios para la sustitución de 1889 km de redes de agua con tubería de PVC aplicando la tecnología con zanja, capaz de servir a los habitantes hasta el año 2060, permitiendo asegurar el mejoramiento de la operación del sistema de alcantarillado, la salubridad del entorno urbano y preservar la salud de la población. Asimismo, se sugiere una planta de tratamiento que permita mejorar las condiciones de vertido de las aguas servidas. Finalmente, este trabajo de investigación consistió en la ejecución de actividades en campo, elaboración de planos, cómputos métricos y presupuestos con la ayuda de softwares; empleando los criterios de las normas sanitarias venezolanas.

Palabras claves: Evaluación, Análisis, Alcantarillado, Hidráulica.

ÍNDICE GENERAL

RESOLUCIÓN.....	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vii
RESUMEN.....	ix
ÍNDICE GENERAL	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xvii
INTRODUCCIÓN.....	xix
CAPÍTULO I.....	22
EL PROBLEMA	22
1.1 Planteamiento del problema	22
1.2 Objetivos	25
1.2.1 Objetivo general.....	25
1.2.2 Objetivos específicos	25
1.3 Descripción del área de estudio	26
1.3.1 Evolución histórica	26
1.3.2 Ubicación geográfica	27
1.3.3 Relieve y geología	28
1.3.4 Clima y vegetación.....	29
1.3.5 Suelos y amenaza sísmica	29
1.3.6 Población total y densidad poblacional	29
1.3.7 Conexión vial y electricidad.....	30
1.3.8 Abastecimiento de agua potable y disposición de aguas servidas	30
1.3.9 Aspectos socio-económicos.....	30
CAPITULO II.....	32
MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	32
2.1 Antecedentes	32
2.2 Bases teóricas.....	34
2.2.2 Sistema de recolección de aguas servidas	35

2.2.3 Componentes de un sistema de aguas residuales	35
2.2.4 Disposición final de las aguas tratadas	43
2.2.5 Períodos de diseño	43
2.2.6 Estimación de la población futura	44
2.2.7 Demanda de aguas blancas	47
2.2.8 Gasto medio diario de aguas blancas	48
2.2.9 Dotación de agua.....	49
2.2.10 Gastos de proyectos para el sistema de recolección de aguas servidas	49
2.2.11 Cálculo del gasto de las aguas servidas domiciliarias	50
2.2.12 Caudal proveniente del comercio.....	51
2.2.13 Caudal proveniente de instituciones	51
2.2.14 Caudal proveniente de las infiltraciones.....	52
2.2.15 Caudal unitario.....	52
2.2.16 Gasto por tramos	53
2.2.17 Elementos hidráulicos de un colector circular a sección llena	53
2.2.18 Material de las tuberías y diámetro mínimo.....	59
2.2.19 Pendientes mínimas y máximas.....	59
2.2.20 Escalones en las bocas de visita	60
2.2.21 Anchos de zanja	61
2.2.22 Áreas tributarias a cada colector.....	62
2.2.23 Tipos de apoyos de colectores.....	62
CAPÍTULO III.....	64
MARCO METODOLÓGICO.....	64
3.1 Tipo de investigación.....	64
3.2 Nivel de investigación.....	65
3.3 Población y muestra.....	65
3.3.1 Población.....	65
3.3.2 Muestra.....	66
3.4 Técnicas a utilizar.....	66
3.4.1 Revisión bibliográfica	66
3.4.2 La observación directa	67
3.4.3 Entrevistas no estructuradas y consulta a expertos	67

3.4.4 Análisis de datos.....	68
3.5 Metodología técnica	69
3.5.1 Levantamiento plani-altimétrico de las redes de aguas servidas.....	69
3.5.2 Proyección de la población futura	70
3.5.3 Determinación de los caudales de diseño para la estimación del gasto máximo de las aguas servidas.....	71
3.5.4 Muestra de cálculo para la evaluación de los colectores existentes de la red	73
3.5.5 Muestra de cálculo de los nuevos colectores de la red con la población proyectada a futuro.....	77
3.5.6 Programación del <i>software</i> Civil 3D 2019	78
3.5.7 Determinación de una planta de tratamiento.....	82
CAPÍTULO IV	85
RESULTADOS Y ANÁLISIS	85
4.1 Levantamiento plani-altimétrico de las redes de aguas servidas existentes de la parroquia Santa Ana.....	85
4.2 Determinación del gasto máximo de la población por los diferentes métodos, considerando la población futura, empleando los criterios establecidos en las Gacetas Oficiales 4044 y 5318, así como los determinados del Ministerio del Desarrollo Urbano	101
4.2.1 Estimación del período de diseño	101
4.2.2 Estimación de la población futura	101
4.2.3 Estimación del gasto máximo de las aguas servidas	106
4.3 Análisis de las condiciones de operación de los sistemas de recolección y tratamiento de aguas servidas, conforme a los resultados adquiridos del gasto máximo y topografía de la parroquia Santa Ana	107
4.4 Alternativas técnicas para la optimización y mejoras del servicio de tratamiento y disposición de aguas servidas de acuerdo a lo establecido en la Norma I.N.O.S (1989), empleando el <i>software</i> Civil 3D 2019	135
4.4.1 Análisis de las alternativas según la morfología del sistema	137
4.4.2 Ampliación de la red en los sectores que no cubren con el servicio de alcantarillado.	160
4.5 Elaboración de los planos de la propuesta aplicando el programa AutoCAD 2019.....	165

4.6 Formulación de los análisis de precio unitario (APU) y presupuesto de obra mediante el uso del programa MaPrex 2018	166
4.6.1 Disponibilidad de materiales y equipos en la zona	167
CAPÍTULO V	169
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	169
5.1 Conclusiones.....	169
5.2 Recomendaciones.....	171
BIBLIOGRAFÍA.....	173
HOJAS DE METADATOS.....	176

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cálculo de Q_{MD} y Q_{MH} por diversos autores.....	49
Tabla 2. Velocidades límites.....	55
Tabla 3. Coeficiente de rugosidad.	59
Tabla 4. Anchos de zanja para tuberías según su diámetro.....	61
Tabla 5. Censos de la población de la parroquia Santa Ana 1990-2011.....	70
Tabla 6. Proyecciones INE, en base al censo 2011.	71
Tabla 7. Área de servicio de las redes de alcantarillado existentes en la parroquia Santa Ana, año 2020.	86
Tabla 8. Longitud total y longitud de empotramiento del sistema de aguas servidas, situación actual.....	87
Tabla 9. Resultados del levantamiento topográfico de la red central de la parroquia Santa Ana.	91
Tabla 10. Resultados del levantamiento topográfico de la red 2 de Santa Ana.	93
Tabla 11. Resultados del levantamiento topográfico de la red 3 de Santa Ana.	93
Tabla 12. Características de los sistemas de tratamiento, situación actual..	96
Tabla 13. Comparación de los sistemas de tratamiento existentes en Santa Ana.	97
Tabla 14. Estudio demográfico para cada caso, situación año actual.....	99
Tabla 15. Usos comerciales e instituciones del sistema existente.	100
Tabla 16. Determinación de la población futura mediante el método aritmético.	102
Tabla 17. Determinación de la población futura mediante el método geométrico.	102

Tabla 18. Determinación de las proyecciones mediante el método logarítmico.	103
Tabla 19. Determinación de la población futura mediante métodos estadísticos.....	104
Tabla 20. Comparación de los métodos de proyección para Santa Ana. ...	106
Tabla 21. Estimación del gasto máximo de las aguas servidas en Santa Ana.	106
Tabla 22. Caudales de aguas servidas existente en la red central.....	107
Tabla 23. Caudales de aguas servidas existente en la red 2.	112
Tabla 24. Caudales de aguas servidas existente en la red 3.	112
Tabla 25. Hidráulica de la red central de aguas servidas existente en Santa Ana.	114
Tabla 26. Hidráulica de la red 2 de aguas servidas existente en Santa Ana.	121
Tabla 27. Hidráulica de la red 3 de aguas servidas existente en Santa Ana.	122
Tabla 28. Hidráulica de la vida útil de los colectores de la red central para el año 2040.....	125
Tabla 29. Hidráulica de la red 2 para el año 2040.....	132
Tabla 30. Hidráulica de la red 3 para el año 2040.....	133
Tabla 31. Alternativas para los problemas que presentan los sistemas de recolección y tratamiento de las aguas servidas en Santa Ana.....	135
Tabla 32. Hidráulica de los nuevos colectores.	139
Tabla 33. Diseño topográfico de los nuevos colectores.	140
Tabla 34. Hidráulica del nuevo diseño de colectores de la red central para el año 2040.....	141
Tabla 35. Hidráulica de los nuevos colectores de la red 2 para el año 2040.	148

Tabla 36. Hidráulica de los nuevos colectores de la red 3 para el año 2040.	149
Tabla 37. Hidráulica de los nuevos colectores de la red central para el año 2060.....	150
Tabla 38. Hidráulica de los nuevos colectores de la red 2 para el año 2060.	157
Tabla 39. Hidráulica de los nuevos colectores de la red 3 para el año 2060.	158
Tabla 40. Necesidades de ampliación del sistema de recolección de agua servidas en la parroquia Santa Ana.	160
Tabla 41. Características y premisas de diseño de la propuesta de la planta de tratamiento.	163
Tabla 42. Premisas de diseño del sistema de manejo de lodos.....	165

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del municipio Santa Ana.	27
Figura 2. Ubicación de la zona de estudio en Google Earth.	28
Figura 3. Esquema en planta de la ubicación de las obras de captación de un sistema de aguas servidas.	36
Figura 4. Boca de visita tipo Ia.	38
Figura 5. Boca de visita Ib.	39
Figura 6. Boca de visita tipo II.	39
Figura 7. Boca de visita tipo III.	40
Figura 8. Boca de visita tipo IVa.	40
Figura 9. Boca de visita tipo IVb.	41
Figura 10. Tabla de Thormann y Franke. Variaciones de caudales y velocidades en función de la altura de llenado.	57
Figura 11. Tabla de Thormann y Franke. Variaciones de caudales y velocidades en función de la altura de llenado.	58
Figura 12. Tipos de apoyo de colectores.	63
Figura 13. Interfaz de configuración del programa Civil 3D.	78
Figura 14. Introducción de coordenadas desde la interfaz de Google Earth.	79
Figura 15. Importar puntos al dibujo desde el programa Civil 3D.	80
Figura 16. Alineación a partir de piezas de la red.	81
Figura 17. Visualización del perfil, desde el programa Civil 3D.	81
Figura 18. Distribución del sistema de alcantarillado de la zona de estudio.	85
Figura 19. Distribución de la zona de estudio.	88
Figura 20. Distribución de los colectores de la red 2.	89
Figura 21. Distribución de los colectores de la red 3.	90
Figura 22. Zonas sin servicio de alcantarillado.	94

Figura 23. Boca de visita de la red aguas negras desbordada luego de la ocurrencia de precipitaciones, ubicada en la calle Monagas.	95
Figura 24. Valores de las ecuaciones y de los coeficientes "r" de las regresiones.	104
Figura 25. Comparación de los métodos de proyección para la comunidad.	105
Figura 26. Representación gráfica de los tramos que colapsan y fallan por velocidad.	138
Figura 27. Esquema de la planta de tratamiento.	162

INTRODUCCIÓN

Uno de los grandes problemas que han enfrentado los asentamientos humanos que han existido a lo largo de la historia, es como solucionar los inconvenientes de falta de agua para sus habitantes y qué hacer con el agua cuando ya ha sido contaminada por la actividad humana. En efecto, el crecimiento demográfico del mundo ha propiciado un aumento en la extracción y consumo del agua potable; lo cual ha ocasionado una mayor generación de aguas residuales, requiriéndose de esta manera una infraestructura que satisfaga la creciente demanda de servicios de saneamiento.

Por consiguiente, se construyen sistemas de alcantarillado, los cuales consisten en una serie de redes de tuberías y obras complementarias necesarias para recibir, conducir y evacuar las aguas residuales. Es conveniente resaltar que, sin un sistema de alcantarillado de aguas servidas, la población se ve afectada en la salud y en lo social, debido a los agentes transmisores o elementos patógenos que contaminan el agua que utilizan, ya sea esta para beber, para aseo personal o para la limpieza de los alimentos, provocándoles enfermedades.

Sobre la base de las consideraciones anteriores, se ha establecido con plena convicción que una cobertura de servicios públicos de buena calidad reposa parte de los cimientos para construir una sociedad más equitativa y solidaria. Por tal motivo, es importante contar con un instrumento de planificación y ordenamiento para la administración municipal y la empresa prestadora de los servicios públicos, en el cual se halle consignado el diagnóstico de la situación actual del sistema, lo que trae consigo un mejoramiento en la calidad de vida de una comunidad.

No obstante, en los países latinoamericanos como Venezuela, existen ciudades que tienen un sistema de recolección de aguas servidas deficiente, donde las entidades encargadas de prestar dichos servicios públicos presentan insuficiencias en la atención a los sistemas de alcantarillado sanitario.

En este mismo orden, se presenta el caso de la parroquia Santa Ana del Municipio Santa Ana, en el que se observó la insuficiente capacidad de conducción de aguas residuales de las redes de alcantarillado, provocando los rebosamientos en los periodos de lluvias y no permiten una buena circulación de las aguas negras generando mal olor y dificultades en el tránsito vehicular y peatonal. Cabe destacar que estos colectores de dichas aguas no presentan un plan de mantenimiento constante; por lo que se hizo necesario evaluar las condiciones del sistema y realizar un diagnóstico de la situación actual de la zona, considerando sus condiciones sanitarias, así como también el diseño de la red beneficiando a la población.

Por otra parte, el presente trabajo está conformado por cinco capítulos, el primero de los cuales trata sobre el planteamiento del problema, el objetivo general y los objetivos específicos, su importancia y justificación. Al mismo tiempo, se hace referencia a la posición geográfica, historia e información socio-demográfica del área de estudio.

En el segundo capítulo, son presentados los conceptos, enfoques teóricos, investigaciones, normas y parámetros que sustentan el estudio y elaboración del proyecto. También se realizó una revisión y análisis de antecedentes precedentes en otras ciudades de Venezuela y de otros países latinoamericanos.

Seguidamente, en el tercer capítulo se definieron las metodologías utilizadas para la elaboración del trabajo; es decir, se describieron los procedimientos de cada objetivo, técnicas, tiempo de ejecución de las actividades, así como los programas de computación utilizados para los análisis hidráulicos, elaboración de planos y presupuesto.

Luego, en el cuarto capítulo se hace referencia propiamente al diseño y cálculo de las redes sanitarias y planta de tratamiento del proyecto, empleando los criterios establecidos por la Gaceta Oficial Extraordinaria N°4044 y N°5318 del Ministerio de Sanidad y Asistencia Social y de Desarrollo Urbano (M.S.A.S), así como los criterios señalados en la Norma e Instructivos para el proyecto de Alcantarillados del Instituto Nacional de Obras Sanitarias 1.989 (I.N.O.S), y los determinados del Ministerio del Desarrollo Urbano (MINDUR). Igualmente, se expusieron los resultados que arrojaron las evaluaciones en los programas de la red actual y el comportamiento de un nuevo diseño.

Finalmente, en el quinto capítulo, se presentan las conclusiones y recomendaciones que se extrajeron de los análisis realizados en la investigación. Adicionalmente, se ha complementado el trabajo con una sección de anexos para adjuntar toda la información necesaria para destacar la comprensión del proyecto presentado.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema

El agua es un recurso imprescindible para la vida, pero escaso, ya que menos de 1% del agua del planeta es dulce, accesible para el hombre. La demanda creciente del agua por la población mundial ha propiciado un aumento en la extracción y consumo del vital líquido, generando un escenario de escasez que obliga a la revisión del manejo que se hace del recurso. Dicha demanda facilitó el origen a condiciones cada vez más graves de insalubridad y una disminución porcentual de la cobertura de servicios apropiados.

Debido a esto, surge la acción del ser humano en defensa de su seguridad, de buscar alternativas para atender la demanda de servicios de saneamiento y salud pública con una viabilidad técnica y económica que proporcione soluciones que reduzcan los costos y mantengan su eficiencia. Por consiguiente, para lograr el desarrollo y mejorar las condiciones de saneamiento de las comunidades, se requiere de una infraestructura adecuada que recolecte y disponga de las aguas residuales para que los habitantes no se vean afectados en la salud y en lo social.

Sin embargo, las empresas y organismos dedicados al adecuado mantenimiento de las redes de alcantarillado en Venezuela, presentan una serie de deficiencias como lo es el desconocimiento de dicho sistema dado por la escasa información de redes y la falta de fidelidad de la existente, la falta de atención de los mismos por los elevados costos para su construcción,

operación, mantenimiento y la falta de recursos para el saneamiento básico, así como la pobre utilización de herramientas que faciliten la gestión.

En este orden de ideas, se citó el caso del sistema de alcantarillado sanitario de Santa Ana, construido aproximadamente veinte años atrás, donde las aguas recolectadas en este sistema reciben un tratamiento primario a través de dos filtros de purificación y una laguna de oxidación para hacer su descarga en el río Orocopiche, degradando el cuerpo de agua. De igual manera, la insuficiente capacidad de conducción de aguas residuales de algunas redes de alcantarillado en diferentes sectores del pueblo origina la devolución dentro de las casas y en las calles, situación que se acrecienta con la llegada de la temporada de lluvias, produciendo los continuos desbordes de aguas negras, originando contaminación ambiental, malos olores, inundaciones y enfermedades en sus habitantes.

Adicionalmente, estos sistemas son gestionados por la Hidrológica del Caribe (HIDROCARIBE) y la Alcaldía de Santa Ana, pero no presentan un plan de mantenimiento constante. Por lo tanto, la realización de este proyecto surgió como respuesta a una comunidad preocupada por la problemática sanitaria-ambiental existente, con el fin de contribuir a la calidad de vida de la población y de preservar los recursos hídricos de la zona, donde se plantearon propuestas y recomendaciones para el mejoramiento del sistema de aguas residuales existente en Santa Ana.

Del mismo modo, se consideró oportuna la elaboración de dicho proyecto, ya que proporciona una base metodológica que sirve de guía para la optimización de servicios en otros sectores de la parroquia, proponiendo los lineamientos teóricos en los cuales se realizan las mejoras, favoreciendo así la planificación y la administración de procesos de desarrollo, logrando igualmente la sustentabilidad de los mismos en comunidades con

características similares a la de Santa Ana. De igual manera, la investigación sirve de apoyo y fuente referencial para los estudiantes de Ingeniería Civil en el área de ingeniería sanitaria de la Universidad de Oriente.

Por otra parte, el proyecto se inició analizando la infraestructura con la que cuenta el pueblo para la recolección de las aguas residuales, estableciendo si esta cumple con la demanda de servicio que posee la población y formulando cualquier reforma que se requiera para cumplir con la demanda establecida. La metodología consistió en la búsqueda de información preliminar, levantamiento plani-altimétrico, análisis hidráulico del comportamiento de la red existente, diseño y cálculo de las nuevas obras, utilización de programas (Civil 3D 2019, AutoCAD 2019 y MaPrex 2018), elaboración de planos, cómputos métricos y especificaciones técnicas en función de los parámetros establecidos en las Gacetas Oficiales 4044 y 5318 del M.S.A.S, y de los criterios señalados en la Norma I.N.O.S (1989).

Es conveniente resaltar que en otras regiones del país han realizado investigaciones relacionadas con el objeto de estudio planteado, como el caso del proyecto de Martínez, Montero, y Querales (2003) en Barcelona del estado Anzoátegui; el cual sirvió de guía y permitió hacer comparaciones sobre cómo se trató el problema en esa oportunidad. No obstante, en el Municipio Santa Ana no existe una investigación sobre la incidencia de las aguas servidas en la calidad de vida de los habitantes, debido a que anteriormente las autoridades de turno no contaban con un presupuesto para realizar dichos proyectos.

Finalmente, es indispensable minimizar el impacto de estos sistemas de recolección y tratamiento de aguas servidas para lograr mayor eficiencia de los mismos, generando así un progreso en la calidad de vida de la población

a través de la disminución de riesgos ambientales, de salud y el impulso del desarrollo agrícola integrado de la región.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Evaluación del sistema de recolección, tratamiento y disposición final de aguas servidas del Municipio Santa Ana, Edo. Anzoátegui.

1.2.2 Objetivos específicos

- Efectuación del levantamiento plani-altimétrico de las redes de aguas servidas existentes de la parroquia Santa Ana.
- Determinación del gasto máximo probable de la población por los diferentes métodos, considerando la población futura, empleando los criterios establecidos en las Gacetas Oficiales 4044 y 5318, así como los determinados del Ministerio del Desarrollo Urbano.
- Análisis de las condiciones de operación de los sistemas de recolección y tratamiento de aguas servidas, conforme a los resultados que se adquirieron del gasto máximo y topografía de la parroquia Santa Ana.
- Presentación de alternativas técnicas para la optimización y mejoras del servicio de tratamiento y disposición de aguas servidas de acuerdo a lo señalado en la Norma I.N.O.S (1989), empleando el software Civil 3D 2019.

- Elaboración de los planos de la propuesta aplicando el programa AutoCAD 2019.
- Formulación de los análisis de precio unitario (APU) y presupuesto de obra mediante el uso del programa MaPrex 2018.

1.3 Descripción del área de estudio

1.3.1 Evolución histórica

El origen del pueblo Santa Ana se ubica en la fecha 19 de mayo de 1735, cuando el fraile José Jurado trajo a esta zona un grupo de indios de las Misiones de Píritu, donde se formalizó una comunidad unida y fortalecida, afianzada por la religión católica. Ese mismo año, trajo las imágenes de Santa Ana, un Cristo y un Nazareno.

Posteriormente, a un año de la fundación formal de Santa Ana, llega el visitador Juan Núñez Castilla, quien encontró indios Caribes que vivían agrupados en 61 familias con 197 habitantes. En el año 1761, el mismo Castilla registra una comunidad con 53 familias, 41 casas, 223 habitantes y su templo. Luego en el año 1781, Ivico Abad encuentra 204 habitantes, 3 haciendas, 496 cabezas de ganado mayor (vacuno, caballar y asnal).

En la actualidad, Santa Ana es una ciudad en desarrollo que, desde el 27 de junio de 1995 se convirtió en municipio y se sitúa dentro de una zona petrolera, allí se encuentra la Refinería de San Roque que procesa material para velas y demás entes, sin embargo, las actividades económicas predominantes son la agrícola y la ganadera, ya que la mayoría de su población se emplea en dichas actividades.

1.3.2 Ubicación geográfica

De acuerdo con el Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar (IGVSB), el municipio Santa Ana es una jurisdicción del estado Anzoátegui, que se localiza al centro de dicha entidad federal y posee una superficie de 1.184 km². Así mismo, sus coordenadas UTM son de E325.567,84m y N1.046.659,33m. Tiene por límites, al norte el municipio Aragua; al sur el municipio Aragua; al este el municipio Anaco; y al oeste los municipios Aragua. La jurisdicción está dividida en dos parroquias, Pueblo Nuevo y Santa Ana. (Ver figura 1).



Figura 1. Ubicación del municipio Santa Ana.
Fuente: Autores.

Del mismo modo, en la figura 2 se encuentra reflejado la zona estudiada de este trabajo de investigación, correspondiendo a la parroquia Santa Ana. Cabe destacar que esta área se ubica en la parte norte del municipio, a orillas del río Orocopiche, enmarcada mediante una poligonal de 317 hectáreas, obteniendo como coordenadas UTM E318.051,38 m y N1.029.331,76 m, con una latitud de 150 m.s.n.m.

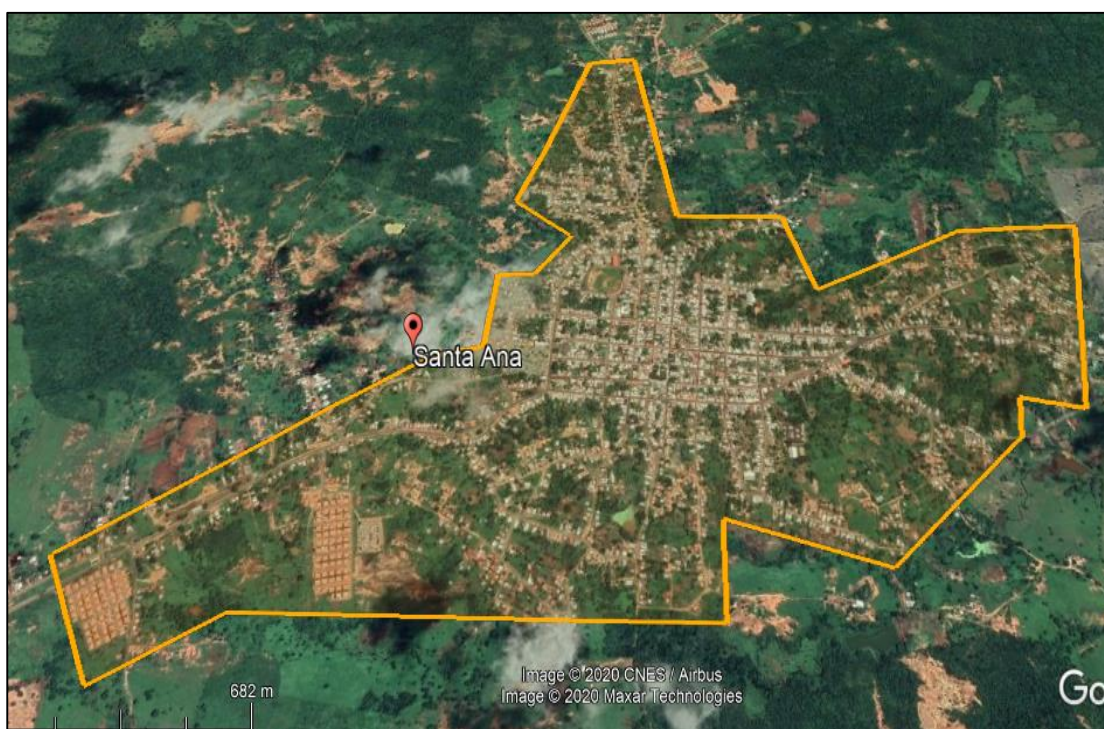


Figura 2. Ubicación de la zona de estudio en Google Earth.

Fuente: Autores.

1.3.3 Relieve y geología

El relieve es suavemente ondulado en su conjunto con pendiente dominante en un rango entre 4 y 12%. El medio de ablación está desarrollado por colinas residuales y mesas ligeramente disectadas. En referencia a las formaciones geológicas, están conformadas principalmente por materiales de

edad terciaria, correspondientes del oligoceno - mioceno. La composición litológica se caracteriza por una secuencia de lutitas grises a gris pardusca, areniscas y limolitas gris claras, lutitas ligníticas y arcilitas verdes a gris claro.

1.3.4 Clima y vegetación

El clima es tropical con una temperatura promedio anual de 26, 4° C con una precipitación promedio 865,1 mm anuales; el patrón de distribución presenta un régimen unimodal, donde el período lluvioso es de junio a noviembre y se descarga el 84% de las lluvias, agosto máximo módulo mensual. En lo que respecta a la vegetación, se caracteriza de sabanas arbustivas con un estrato herbáceo graminoso denso, de hasta un metro de alto, asociado a comunidades leñosas densas entre 5 y 8 metros de alto con especies armadas. La zona de vida es de bosque muy seco tropical.

1.3.5 Suelos y amenaza sísmica

El tipo de suelo predominante es ultisoles, de textura franco - arcillosa a arcillosa, poco permeables, presentando una pobre aptitud como material de fundación. Por otro lado, no se registran antecedentes catastróficos de naturaleza sísmica, a pesar de estar ubicado a 90 km. al sur-oeste del sistema de falla activo Santa Inés – Urica (potencial influencia).

1.3.6 Población total y densidad poblacional

Según el Instituto Nacional de Estadística (INE), para el censo nacional de población y vivienda del año 2011, la población residente en esta parroquia fue de 9.252 personas; con una densidad poblacional de 8,14 hab/km². No obstante, la proyección realizada por el INE para el año 2019, la población se

encuentra en 11.049; con una densidad poblacional de 10 hab/km². Cabe mencionar, que la tendencia de la parroquia Santa Ana es seguir con un crecimiento paulatino debido a la explotación petrolera en la faja.

1.3.7 Conexión vial y electricidad

El acceso principal es la local 05 que comunica a la localidad con Aragua de Barcelona al norte, y con Anaco al sureste; la vía se encuentra en mal estado de mantenimiento. En cuanto al servicio de electricidad, es proporcionado por la empresa Eleoriente que, aunque presenta algunas deficiencias, el suministro de energía eléctrica es bastante continuo.

1.3.8 Abastecimiento de agua potable y disposición de aguas servidas

Según Hidrocaribe, la fuente primaria de abastecimiento de agua potable es el embalse La Estancia, el líquido llega por tubería y es tratada desde Aragua de Barcelona. En lo que se refiere a la recolección y disposición final de las aguas servidas, se realiza por red pública que a su vez está conectada a una laguna de oxidación.

1.3.9 Aspectos socio-económicos

Desde de la fundación de Santa Ana hasta la actualidad, se fueron desarrollando proyectos en pro del beneficio de los habitantes de la comunidad, en las áreas de salud, recreación, cultura, deporte, educación, áreas verdes y servicios, entre los más significativos fueron las siguientes: plaza Bolívar, biblioteca "Juan Antonio Sotílo", iglesia Nuestra Señora de Santa Ana, U.E.N "Pedro Emilio Coll", estadio municipal "Rigoberto Salazar", banco de Venezuela, entre otros.

Al mismo tiempo, se destaca el desarrollo de microempresas de carácter privado con capital propio por los habitantes de la misma comunidad, tales como: tasca Los Algarrobos, restaurante América, centro comercial Olivero, farmacia Anabel, carnicería Pepe, diversos comercios de abastecimiento al detal (bodegas), y variados negocios informales de ventas de periódicos, cigarros, y expendio de licores.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

2.1 Antecedentes

La ausencia de planificación y control del crecimiento poblacional trae consigo una serie de consecuencias a corto, mediano y largo plazo; es necesario producir cambios en la tecnología y el uso de la tierra con la finalidad de dotar estas áreas con servicios públicos necesarios que puedan proteger la salud de la población y el medio ambiente que rodea a los habitantes.

Debido a esto, Flores (2016), realizó una investigación que tuvo como finalidad evaluar el sistema de alcantarillado sanitario y la influencia de las aguas pluviales que ingresan a la red colectora de aguas residuales de Cusco, Perú. Para la investigación se realizó la recolección de información como planos de conexiones de desagüe y altura de buzones de la red actual, se contó también con datos de la población actual obtenidos por el Instituto Nacional de Estadística e Informática del Perú. Posteriormente se realizó el levantamiento topográfico para obtener las pendientes de las calles de la zona de estudio. También se hizo la verificación de la dirección de las tuberías de la red de aguas residuales junto con la inspección de los buzones para corroborar con los planos. Esta investigación contribuirá en el planteamiento de un estudio y diseño capaz de conducir los caudales de aguas residuales.

Por su parte Kena (2013), destacó la incompetencia del sistema de recolección de aguas servidas dado por la escasa información de redes y la pobre utilización de herramientas que optimicen la gestión y condiciones de saneamiento y salud en las comunidades. Por este motivo, se realizó una

investigación para desarrollar el catastro selectivo de servicio público de la Parroquia Juana de Ávila del estado Zulia; para evaluar la situación actual y futura de la prestación del servicio del sistema de alcantarillado, mediante el uso de un Sistema de Información Geográfica (ARCGIS), el cual permitió reflejar de manera exacta la realidad del sistema y disponer de la información mediante bases de datos, con el fin de lograr un análisis del estado de la red en periodos determinados de diseño. Esta investigación constituirá una herramienta para la gestión de redes de infraestructuras en Santa Ana.

De igual forma, Marea y Reyes (2008), desarrollaron la idea de realizar los estudios necesarios para elaborar un proyecto para la instalación de un sistema de recolección de aguas servidas, capaz de servir a los habitantes de los sectores Álvarez Bajares, Bella Vista y Espejo 2 de Barcelona hasta el año 2032. La factibilidad del proyecto se hizo de acuerdo a los parámetros establecidos por la Norma I.N.O.S (1999) y los datos estadísticos llevados por el INE del Estado Anzoátegui. Esta investigación servirá de guía para elaborar un diseño del sistema de colectores considerando los caudales de las aguas servidas teniendo en cuenta lo establecido en las normas sanitarias venezolanas.

Con respecto a Ghanem (1994), determinó las causas del problema y definió la solución más adecuada para la rehabilitación de un sistema de recolección de aguas servidas en Puerto la Cruz. Donde se establecieron las causas del problema, usando los datos obtenidos del trabajo de campo para luego proceder a realizar la evaluación de la red existente, para ello se definió los siguientes parámetros: período de diseño, población actual y futura y gasto de aguas negras generados para ambos casos. Con los resultados obtenidos se evaluó el comportamiento de cada uno de los componentes del sistema y su capacidad para cubrir las demandas actuales y futuras. Posteriormente,

propuso varias alternativas para el trazado de los nuevos colectores, lo cual servirán de orientación desde el punto de vista técnico y económico.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Aguas servidas

Para Arocha (1983), las aguas servidas llamadas también aguas residuales, son el resultado de la combinación de las aguas del abastecimiento público y los desechos que se descargan en ellas. Estas aguas, por lo tanto, contienen sólidos llamados sólidos totales, los cuales generalmente se encuentran en suspensión o flotación. Esta condición altera muy poco el comportamiento hidráulico del sistema, pero puede influir en el material de conducción y en el diseño de ciertas estructuras. Ahora bien, el agua contaminada se caracteriza por sus propiedades físicas como:

Sólidos totales: consisten principalmente en aguas de lavado de ropa, fregado, aseo personal y uso sanitario que contienen a su vez materias sólidas como excrementos, jabones, grasas, papeles, entre otros. Esta característica debe ser evaluada y mantenerse en constante revisión ya que la conducción de sedimentos y acumulación de los mismos, crea condiciones no aconsejables como taponamiento de tuberías o que lleguen a dañar algún componente del sistema de aguas residuales.

Producción del gas sulfuro de hidrógeno (H_2S): su formación se produce por la acumulación de materia orgánica en el fondo de las tuberías. Este gas es el factor negativo de las redes cloacales dado por su poder corrosivo y desagradable olor. El H_2S es tóxico para los humanos y en algunos casos ha ocasionado la muerte de los trabajadores que realizan el mantenimiento del

sistema. Es por ello que en la elaboración del diseño y en el mantenimiento de los sistemas cloacales debe prevenirse su formación.

2.2.2 Sistema de recolección de aguas servidas

Marea y Reyes (2008), definen por sistema de recolección de aguas servidas, un conjunto de elementos y estructuras destinadas a captar, conducir y disponer de estos fluidos evitando de esta manera que se originen contaminaciones ambientales y proliferación de enfermedades, así de este modo, mejorar las condiciones para un buen desarrollo y desempeño de la población en general. Desafortunadamente, en muchas localidades este no es el caso. Existen problemas que pueden alterar el comportamiento de los colectores, los cuales incluyen: infiltración de agua subterránea y aguas de lluvia, excesiva corrosión en las tuberías y la generación de olores.

2.2.3 Componentes de un sistema de aguas residuales

La red de recolección de aguas servidas posee varios componentes que conforman el sistema, permitiendo conducir los desechos desde la salida del ramal de empotramiento en la edificación, hasta el sitio de disposición final o tratamiento. Estos componentes son obras de captación y conducción, de tratamiento y de descarga.

2.2.3.1 Obras de captación y conducción

Son aquellas obras civiles que se utilizan para reunir adecuadamente las aguas servidas y luego ser trasladadas a puntos distantes para su tratamiento o disposición final. Para ilustrar esto, se esquematiza los componentes de la

obra de captación de un sistema de recolección de aguas residuales, que se muestra en la Figura 3.

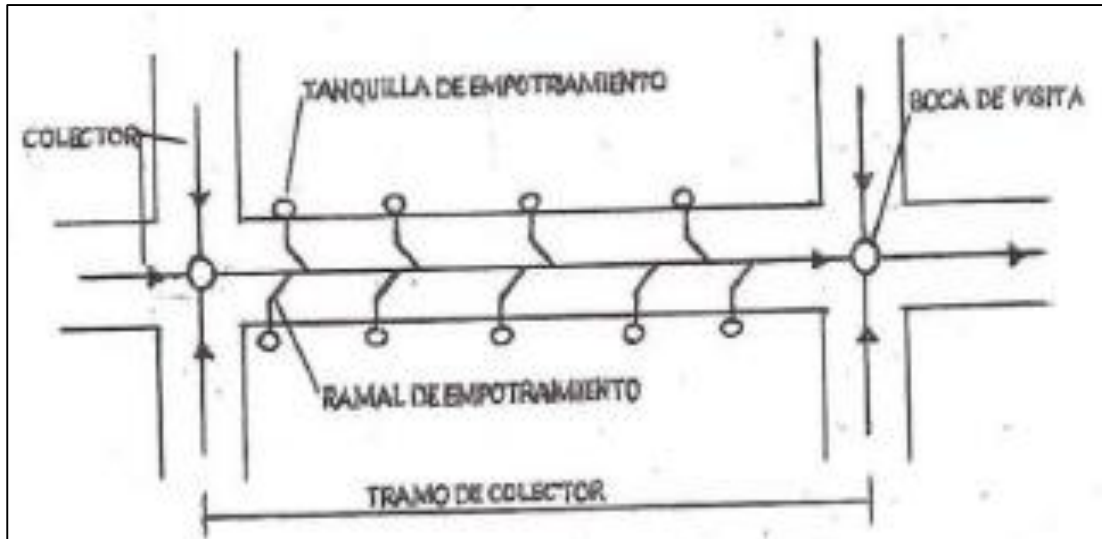


Figura 3. Esquema en planta de la ubicación de las obras de captación de un sistema de aguas servidas.

Fuente: Ghanen, (1994).

- Tanquillas de empotramiento: su función es la de conectar la descarga proveniente de la parcela con la tubería que va al colector, también sirve para realizar alguna inspección. Debe ir ubicada debajo de la acera preferiblemente en el punto más bajo de la parcela. Se construye generalmente de un tubo de concreto cuyo diámetro es de 250 mm (10"). (op.cit. p.31).
- Ramal de empotramiento: es la tubería que partiendo de la tanquilla en el borde de la acera va al colector cloacal que se encuentra en la calle. Debe tener un diámetro mínimo de 150 mm (6"), una pendiente mínima de 1% y una longitud máxima de 30 cm. Su selección depende del diámetro y profundidad del colector donde se conecta (op.cit. p.31).

- Bocas de visitas: son estructuras generalmente compuestas de un cono excéntrico cilíndrico que sirven de interconexión a las tuberías y permiten el acceso a los colectores, principalmente cuando se ejecutan labores de limpieza. Su selección depende del diámetro y profundidad de los colectores que se conectan a ella (op.cit. p.31). Asimismo, las normas INOS (1989), establece que deben ser colocadas de acuerdo a los siguientes lineamientos:
 - En toda intercepción de colectores.
 - En el comienzo de todo colector.
 - En los tramos rectos de los colectores a una distancia entre si no superior a los 150 m.
 - En todo cambio de dirección, pendiente longitudinal, diámetro y material de los colectores.
 - En los colectores alineados en curva, al comienzo y al final de la misma; y en la propia curva, a una distancia no mayor a 30 m entre ellas, cuando así corresponda.

Del mismo modo, las bocas de visitas deben ser construidas siguiendo los dibujos típicos que se citan a continuación, y serán seleccionadas de acuerdo con las características que ellas posean, con la finalidad de permitir el adecuado funcionamiento de la red, de modo tal que pueda inspeccionarse y mantenerse en buenas condiciones (ibídem):

- Boca de visita tipo Ia, para profundidades mayores a 1.15 metros con respecto al lomo del colector menos enterrado, y hasta profundidades de 5 metros con respecto a la rasante del colector más profundo, como se puede ver en la figura 4.

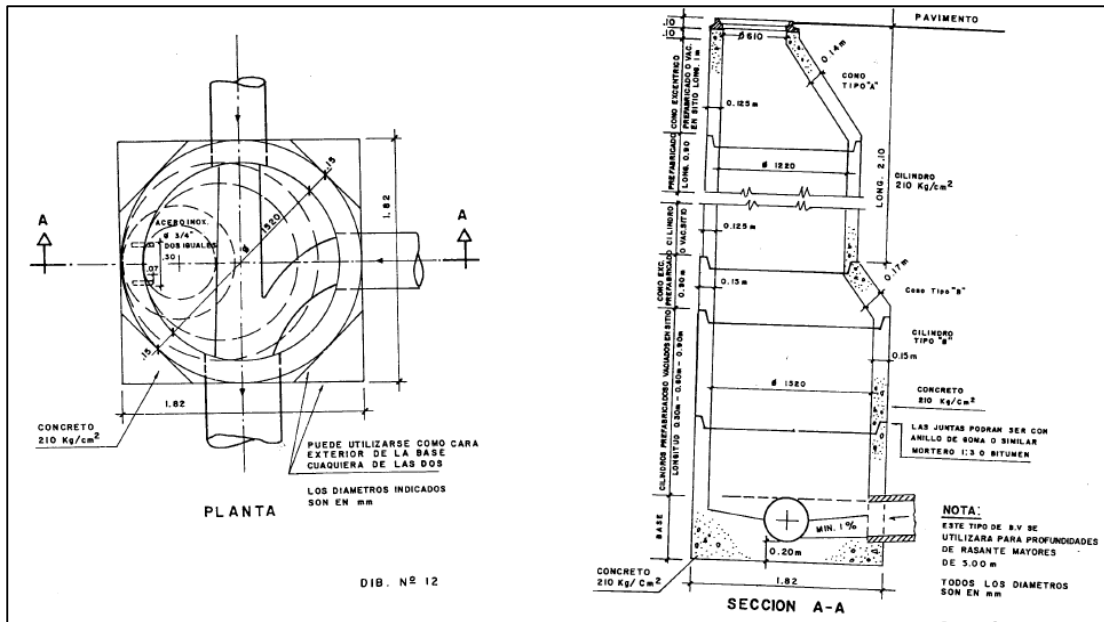


Figura 5. Boca de visita Ib.
Fuente: M.A.R.N.R (1999)

- Boca de visita tipo II, para el caso en que el lomo de la tubería menos enterrada este a una profundidad igual o menor a 1.75 metros, para colectores hasta 0.53 metros de diámetro. Ver figura 6 a continuación.

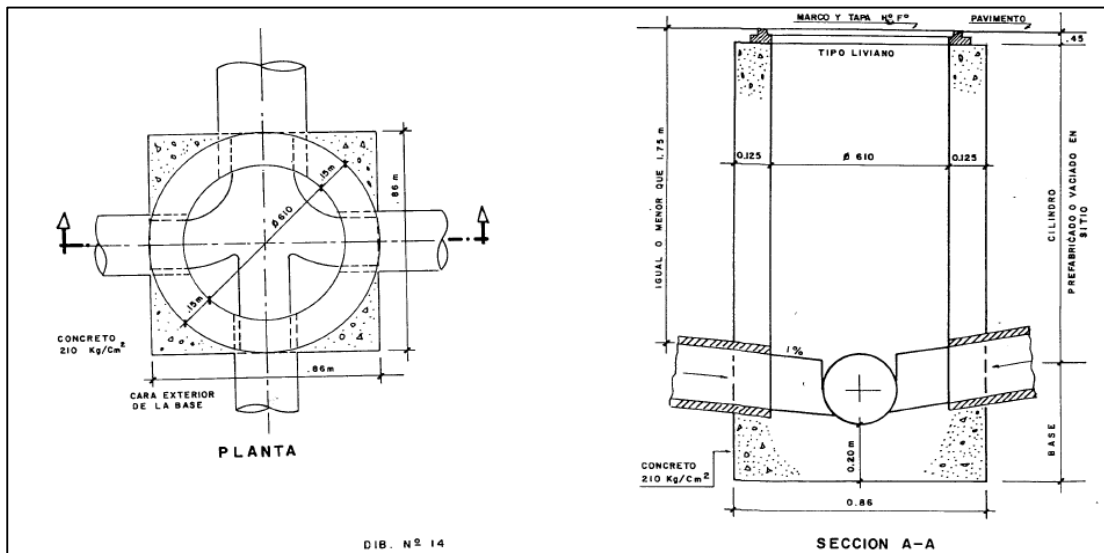


Figura 6. Boca de visita tipo II.
Fuente: M.A.R.N.R (1999)

- Boca de visita tipo III, para casos como los contemplados en (c), pero para colectores de 0,53 a 1,07 metros de diámetros. Se muestra en detalle en la figura 7.

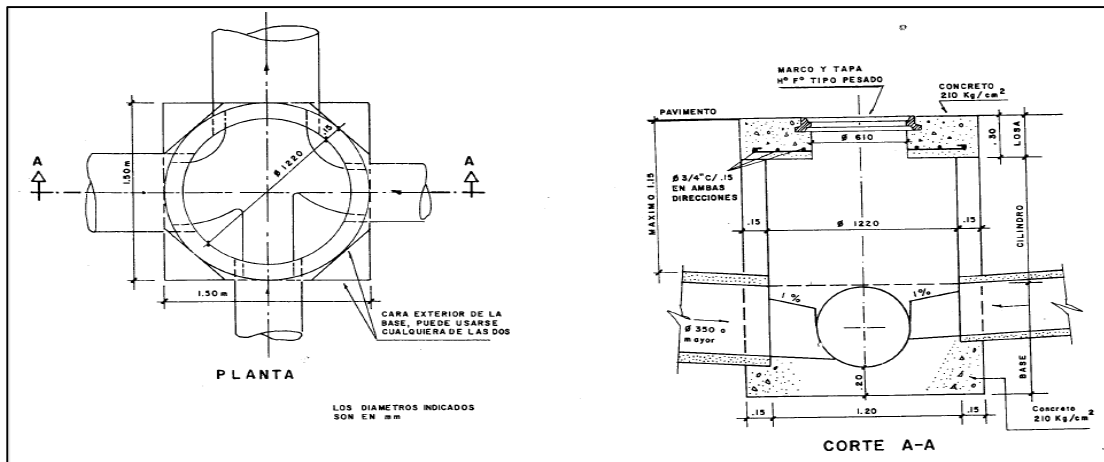


Figura 7. Boca de visita tipo III
Fuente: M.A.R.N.R (1999)

- Boca de visita IVa, para colectores de diámetro igual o mayor a 1,22 metros (48") y para profundidades hasta de 5 metros. Se detalla en la siguiente imagen 8.

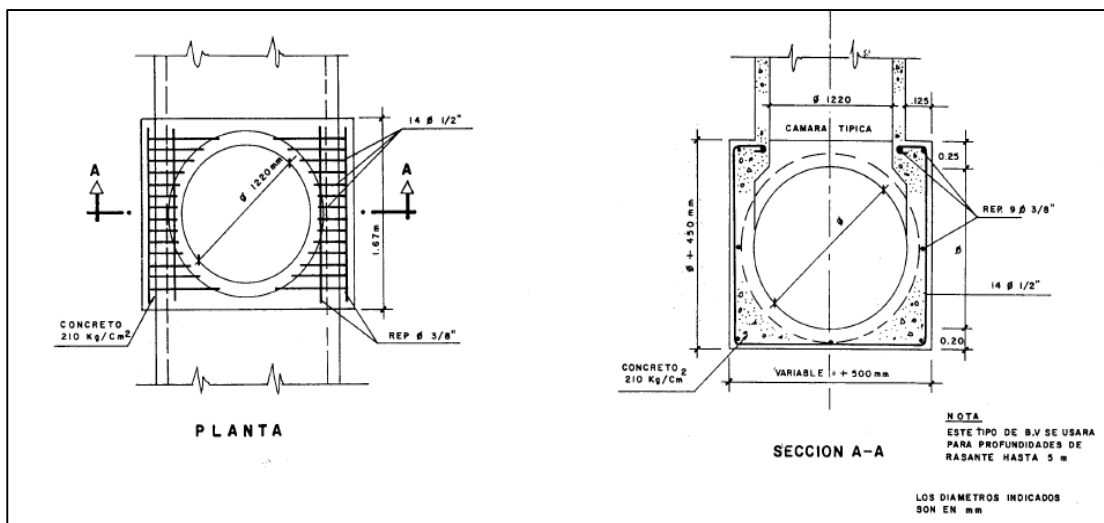


Figura 8. Boca de visita tipo IVa.
Fuente: M.A.R.N.R (1999)

- Boca de visita tipo IVb, para colectores con diámetros iguales o mayores a 1,22 metros y profundidades mayores de 5 metros, como se muestra en la figura 9 a continuación.

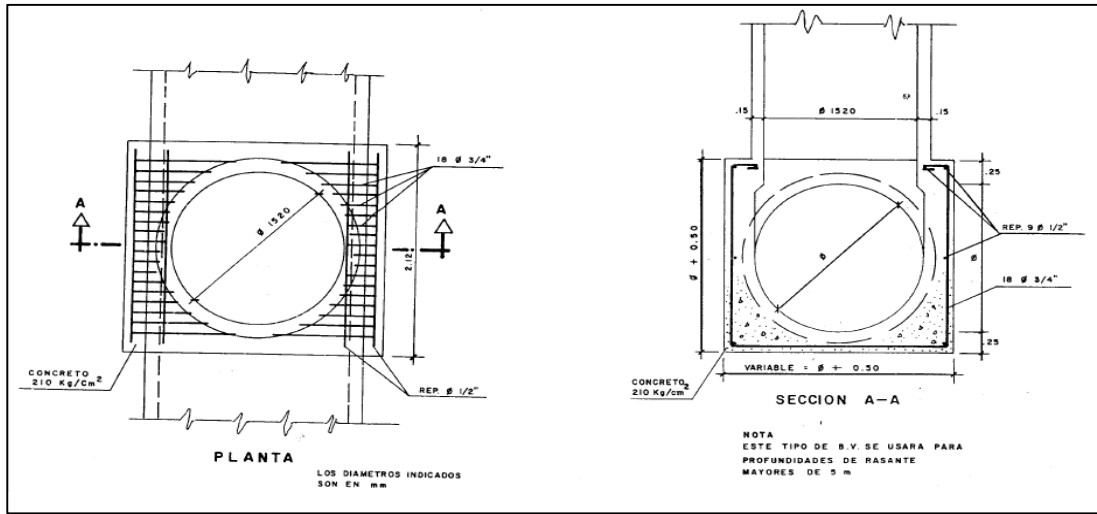


Figura 9. Boca de visita tipo IVb.
Fuente: M.A.R.N.R (1999)

- Tramo: es la longitud del colector comprendida entre dos bocas de visitas, formado por un conjunto de tuberías conectadas entre sí a través de sus juntas, cuya función es recolectar las aguas residuales que provienen de los aportes domiciliarios y luego descargar en un sitio para la disposición de las mismas. (op.cit. p.31).
- Red de colectores: está formada por un conjunto de tramos y en ella podemos definir los colectores secundarios que se encargan de recoger las aguas de los ramales de empotramiento y los conducen a colectores principales; el cual se encargan de transportar dichas aguas servidas hasta su destino final. Estos últimos, toman la denominación de emisario a partir de la última boca de visita del tramo que recibe hasta el sitio de descarga (op.cit. p.31).

2.2.3.2 Obras de tratamiento

Noyola, Morgan & Guereca (2013), son un conjunto de sistemas y operaciones unitarias mediante procesos físicos (gravedad, filtración por retención física, entre otros), procesos químicos (aplicación de productos sintéticos para la eliminación o conversión de los contaminantes, absorción, oxidación, precipitación, etc.) y procesos biológicos (degradación aerobia y anaerobia, o transformación del material orgánico por medio de microorganismos), cuya finalidad es que a través de los equipamientos reduce la contaminación o las características no deseables de las aguas, bien sean naturales, de abastecimiento, de proceso o residuales.) Algunos sistemas de tratamiento de aguas residuales que se pueden citar son:

- **Lagunas de oxidación:** son embalses de agua servida poco profundas cercadas por taludes de tierra que ocupan una gran superficie de terreno, por lo que se emplean por ser la menos costosa. El agua servida así dispuesta se oxigena mediante aireadores superficiales o difusores sumergidos para generar oxidación bacteriana.
- **Planta de tratamiento:** son estructuras de carácter hidráulico, cuya principal función es la descontaminación parcial o total de las aguas provenientes de urbanismos, industrias o de cualquier otro origen que pudiese contaminar dicho recurso; con la finalidad de otorgarles al mismo condiciones adecuadas para ser vertidas sobre cuerpos receptores o para su reutilización.

2.2.3.3 Obras de descarga

Son instalaciones que se encargan de evacuar las aguas residuales tratadas al medio ambiente o para su reutilización. Entre ellas tenemos la estación de bombeo, que se encarga de elevar el agua tratada de un punto a otro cuando éstas no pueden ser drenadas por gravedad, ya que la cota del punto de descarga se encuentra por encima de la cota de rasante de la vía. (op.cit. p.31).

2.2.4 Disposición final de las aguas tratadas

Las aguas residuales luego de haber sido sometidas a un proceso de tratamiento, finalmente son descargadas a cursos de agua natural o a lugares de almacenamiento que, posteriormente es reutilizada para riego y otros fines apropiados, con el interés de generar el mínimo impacto ambiental posible. Cabe resaltar, que la disposición final y uso al agua tratada, dependerá de acuerdo a las condiciones establecidas en la Gaceta Oficial N° 5021 del Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables (1995).

2.2.5 Períodos de diseño

Según la Gaceta Oficial 5318 (1999), lo define como el tiempo para el cual el sistema es eficiente en 100 %, ya sea por capacidad hidráulica y por la resistencia física de las instalaciones. Debe ser seleccionado cuidadosamente, ya que una selección inadecuada, podría limitar el desarrollo de nuevas áreas o incrementar los costos por reparación de colectores. Se recomiendan los siguientes períodos de diseño:

- Colectores principales y emisarios: 40 a 50 años.
- Colectores secundarios: mínimo 25 años.
- Plantas de tratamiento: se debe desarrollar por etapas, cada una para 10 a 25 años.
- Estaciones de bombeo: 10 a 15 años.

2.2.6 Estimación de la población futura

La información más confiable sobre la población de una comunidad o sector dada en un tiempo designado, se obtiene mediante los datos obtenidos por los censos, los cuales pueden ser suministrados por el INE, así como también los determinados por la dirección de planeamiento del Ministerio del Desarrollo Urbano (MINDUR). Se debe tener en cuenta las densidades de población y usos determinadas por el plan de Ordenamiento Urbano vigente (ibídem).

Por otra parte, existen varias técnicas para realizar estimaciones de población, pero la metodología más adecuada requiere de diversos criterios y conocimientos del lugar que se considere de gran peso a la hora de estimar la urbe de diseño. Para el cálculo de la población futura se pueden utilizar los siguientes métodos: gráfico comparativo, crecimiento aritmético, crecimiento geométrico y cualquier otro que el proyectista considere útil (op.cit. p.40).

2.2.6.1 Método de comparación gráfica

Jiménez (2006), expresa que dicho método consiste en comparar gráficamente la población en estudio con otras tres poblaciones del país con determinadas características. Este método supone que la población estudiada

tendrá una tendencia de crecimiento similar al promedio del crecimiento de las otras tres, después de que se haya sobrepasado el límite de la población base. Se trabaja entonces con poblaciones de las siguientes características:

Población A: Ciudad estudiada.

Población B: Ciudad de la región, similar en desarrollo, clima y tamaño.

Población C: Ciudad de la misma región, similar en desarrollo y clima, pero de un número relativamente mayor de habitantes que la población A.

Población D: Ciudad de otra región del país, pero de mayor población que la población A.

2.2.6.2 Método aritmético

Para González (2002), este método se aplica para pequeñas comunidades, en especial rurales, y para grandes ciudades donde su crecimiento poblacional es constante y por lo cual se debe obtener el promedio anual en años anteriores y aplicarlo para obtener la población futura. La ecuación que la define es:

$$P_f = P_{uc} + K_a (T_f - T_{uc}) \quad \text{Ec. (1)}$$

Donde:

P_f = Población futura proyectada (m).

T_f = Año de la proyección (años).

T_{uc} = Años del último censo (hab).

P_{uc} = Población del último censo (hab).

K_a = Coeficiente aritmético (hab/años).

$$k_a = \frac{P_{uc} - P_{ci}}{T_{uc} - T_{ci}} \quad \text{Ec. (2)}$$

Donde:

Pci = Población del censo anterior (hab).

Tci = Año del censo anterior (años).

2.2.6.3 Método geométrico

Consiste en representar el crecimiento registrado de la población en papel semi logarítmico, ajustando la curva a una recta donde el valor de r se determina a partir de su pendiente. Una vez conocida la tasa de crecimiento, se procede al cálculo de la población a través de la siguiente ecuación: (ibídem).

$$P_f = P_{uc} (1+r)^{(T_f - T_{uc})} \quad \text{Ec. (3)}$$

Donde:

r = Tasa de crecimiento anual.

$$r = \frac{P_{uc} \frac{1}{T_{uc} - T_{ci}}}{P_{ci}} - 1 \quad \text{Ec. (4)}$$

2.2.6.4 Método de crecimiento logarítmico

Éste se presenta cuando el crecimiento de la población es de tipo exponencial. La aplicación de este método requiere de por lo menos el conocimiento de tres censos, ya que al evaluar el constante promedio se requiere de dos valores iniciales. La población se proyecta a partir de la siguiente ecuación logarítmica (op.cit. p.41):

$$\ln (P_{cp}) - \ln (P_{ca}) = K_g * (T_2 - T_1) \quad \text{Ec. (5)}$$

Donde:

Pcp = Población del censo.

Tcp = Año del censo posterior (hab).

Pca = Población de censo anterior (hab).

Tca = Año del censo anterior (años).

Kg = Constante logarítmica.

$$Kg = \frac{\ln * Pcp - \ln * Pca}{Tcp - Tca} \quad \text{Ec. (6)}$$

2.2.6.5 Estadístico o gráfico de tendencia

Además de los métodos de proyección anterior, pueden emplearse métodos estadísticos para ajustar los valores históricos a la ecuación de la regresión para una curva lineal, exponencial o logarítmica. El método gráfico de tendencia consiste en dibujar en un sistema coordinado, que lleva por abscisas años y por ordenadas las poblaciones, los datos extractados de censos pasados y prolongar la línea definitiva por esos puntos de poblaciones anteriores, siguiendo la tendencia general del crecimiento hasta el año para el cual se ha estimado necesario conocer esa población futura. (op.cit. p.41).

2.2.7 Demanda de aguas blancas

Por el término de demanda, Fermín y Sánchez (2012), lo define como la cantidad de agua que se requiere suministrar en un cierto periodo de tiempo a cada usuario del acueducto (casa, edificio, industria, escuela, comercio, parque, etc.), con la finalidad de satisfacer adecuadamente sus correspondientes necesidades. Esta información es de primordial importancia

en el diseño tanto del acueducto como de las cloacas, ya que a partir de la misma se dimensionan todas las instalaciones de ambos sistemas.

2.2.8 Gasto medio diario de aguas blancas

Según la Gaceta Oficial 4044 (1988), es el agua que un usuario o población necesita en un día de consumo promedio. Puede ser obtenido como sumatoria de las dotaciones asignadas a cada parcela en atención a su zonificación o como resultado de una estimación de consumo per cápita para la población futura del período de diseño, aplicando la siguiente fórmula:

$$Q_{\text{med}} = \frac{D \times P}{86400} \quad \text{Ec. (7)}$$

Donde:

Q_{med} = Gasto medio diario en l/s.

D = Dotación.

P = Población de proyecto, número de habitantes.

86400 = Número de segundos al día.

2.2.8.1 Consumo máximo diario (Q_{MD}) y Consumo Máximo Horario (Q_{MH})

Según González (2009), el consumo máximo diario se define como el día de máximo consumo de una serie de registros observados durante los 365 días de un año. Mientras, el consumo máximo horario se define como la hora de máximo consumo del día de máximo consumo. En la tabla 1 se presenta un resumen para obtener Q_{MD} y Q_{MH} en función de Q_m según diversos autores.

Tabla 1. Cálculo de Q_{MD} y Q_{MH} por diversos autores.

Caudal	Autores		
	Arocha (1997)	INOS (1965)	MSAS (1989)
$Q_{MD} = K1 * Q_{med}$ Ec. 8	$K1 = 1,4$	$K1 = 1,20$	$K1 = 1,25$
$Q_{MH} = K2 * Q_{med}$ Ec. 9	$K2 = (2 - 3)$	$K2 = 2$	$K2 = 2,5$

Fuente: Adaptado de González (2009)

2.2.9 Dotación de agua

Las dotaciones de agua para edificaciones destinadas a viviendas unifamiliares, se determinarán en función del área total de la parcela o el lote donde la edificación va ser construida o exista, incluyendo el consumo de agua para usos domésticos y el correspondiente al riego de jardines y áreas verdes de la parcela (op.cit. p.45). Por otra parte, el I.N.O.S (1989), establece las siguientes condiciones para la determinación de la dotación de agua potable asignada a una población a la cual se va a abastecer:

- Para poblaciones inferiores a los 20.000 habitantes, se debe asignar una dotación de 200 l/hab./d.
- Para poblaciones entre 20.000 y 50.000 habitantes, se debe asignar una dotación de 250 l/hab./d.
- Para poblaciones superiores a los 50.000 habitantes, se debe asignar una dotación de 300 l/hab./d.

2.2.10 Gastos de proyectos para el sistema de recolección de aguas servidas

Los gastos en un sistema de recolección de aguas servidas son generados en su mayoría por las aguas de desechos provenientes del sistema de acueducto, lo que permite definir los períodos de diseño y la magnitud de

descarga. Además, la Gaceta Oficial N° 5318 del Ministerio de Sanidad y Asistencia Social y de Desarrollo Urbano (1999), establece que: “para determinar el gasto de proyecto de un sistema de alcantarillado de aguas servidas, se deberán considerar los siguientes aportes de aguas: servidas domiciliarias, industriales, comerciales, institucionales y de infiltración”. (p. 4).

$$Q_{\text{diseño}} = Q_{\text{AS}} + Q_{\text{ind.}} + Q_{\text{com.}} + Q_{\text{inst.}} + Q_{\text{inf.}} \quad \text{Ec. (10)}$$

Donde:

Q_{AS} = Caudal de aguas domiciliarias

$Q_{\text{ind.}}$ = Caudal proveniente de las industrias

$Q_{\text{com.}}$ = Caudal proveniente del comercio

$Q_{\text{inst.}}$ = Caudal proveniente de instituciones educativas

$Q_{\text{inf.}}$ = Caudal proveniente de las infiltraciones.

2.2.11 Cálculo del gasto de las aguas servidas domiciliarias

Para determinar el aporte a la red por aguas negras domiciliarias es necesario conocer el gasto medio del acueducto (promedio diario anual) que abastece a la localidad que se multiplicara por un coeficiente que depende de la población futura. El valor del gasto máximo se obtiene aplicando la siguiente fórmula (ibídem):

$$Q_{\text{max}} = Q_{\text{med.}} * K * R \quad \text{Ec. (11)}$$

Donde:

Q_{max} = Caudal máximo de aguas servidas (l/s).

$Q_{\text{med.}}$ = Caudal medio de aguas blancas (l/s).

K = Coeficiente que es función de la población contribuyente al tramo en estudio (adimensional).

R = Coeficiente de gasto de reingreso (R = 0,80).

El valor de K puede obtenerse de la fórmula de Harmon:

$$K = 1 + \frac{14}{\sqrt{\frac{P}{1000}}} \quad \text{Ec. (12)}$$

Donde:

P = Población.

2.2.12 Caudal proveniente del comercio

La contribución comercial en las aguas servidas se estimará en l/s/ha bruta, basado en el estudio de los aportes de zonas comerciales ya desarrolladas en otras localidades, y en las dotaciones de agua que se asignan al respecto con base a las Normas Sanitarias del Ministerio de Sanidad y Asistencia Social N°4044 (1988). Para el cálculo se deberá aplicar en este último caso el coeficiente de gasto de reingreso ya indicado (op.cit. p.47).

2.2.13 Caudal proveniente de instituciones

Estas aguas servidas, generalmente son de origen doméstico provenientes de hospitales, cárceles, cuarteles, escuelas y otros. Su estimación se realizará en base a las dotaciones de agua que se fijan al respecto de las normas Sanitarias del Ministerio de Sanidad y Asistencia Social N°4044 (1988), aplicándose el coeficiente de gasto de reingreso indicado (op.cit. p.47):

$$Q_{\text{insti}} = Q_{\text{insti.}} * R \quad \text{Ec. (13)}$$

2.2.14 Caudal proveniente de las infiltraciones

El gasto máximo de infiltración a considerar en un sistema de alcantarillado de aguas servidas, será 20.000 l/día/km. En el cálculo del aporte de las aguas de infiltración, se considerará la longitud total de los colectores del sistema, así como la longitud de cada colector del sistema, así como la longitud de los empotramientos correspondientes, comprendida entre el límite del frente de la parcela y el eje del colector (op.cit. p.47):

$$Q_{\text{inf}} = \frac{2000 \text{ lts/km/día} * (\text{longitud del colector} + \text{longitud de empotramiento})}{86400\text{seg}}$$

Ec. (14)

2.2.15 Caudal unitario

Para obtener el gasto unitario de cálculo de las aguas servidas se deben sumar los diferentes aportes indicados anteriormente, y el resultado de la suma deberá multiplicarse por un coeficiente de diseño C (ver ecuación 15), el cual varía entre 1 y 2; cuyo valor depende de la calidad de la construcción del sistema, del área del desarrollo, del tipo de junta y del nivel freático (op.cit. p.47).

$$Q_{\text{unitario}} = (Q_{\text{AS}} + Q_{\text{ind.}} + Q_{\text{com}} + Q_{\text{inst.}} + Q_{\text{inf.}}) * C$$

Ec. (15)

Según Palacios (2004), un criterio para determinar el valor del coeficiente C es el siguiente: se aplica el coeficiente C = 2, cuando la finalidad del

desarrollo es generar parcelas para la venta y sean los compradores de éstas los que procedan con la construcción de las edificaciones, se debe fijar el valor máximo, o sea 2, ya que no hay ningún control por parte del promotor de la urbanización, de que no se realicen incorporaciones ilegales a las cloacas. En cambio, si la finalidad del desarrollo es vender las unidades de viviendas ya construidas, entonces habría menor probabilidad de que haya descargas de drenajes a las cloacas. En este caso el valor de C debe ser 1,50.

2.2.16 Gasto por tramos

El gasto de diseño de cada tramo de colector será la suma del gasto propio (parcelas que descargan directamente en el tramo) y del gasto acumulado de todos los tramos anteriores (tramos que convergen hacia el tramo en referencia), tal como lo expresa la ecuación 16. Este cálculo se simplifica si se hace de una manera ordenada y cuidadosa, siendo la forma más práctica mediante una tabla (ibídem).

$$Q_{\text{DISEÑO}} = (Q_{\text{unitario}} + Q_{\text{arriba}})$$

Ec. (16)

2.2.17 Elementos hidráulicos de un colector circular a sección llena

2.2.17.1 Capacidad de un colector

Es el volumen de aguas residuales que puede transportar un colector en cierto intervalo de tiempo a sección llena, manteniendo el flujo dentro del mismo por gravedad. La capacidad o caudal a sección plena de un colector se puede calcular utilizando la ecuación de continuidad que se expresa a continuación (op.cit. p.47):

$$Q_c = V_c * A_c \quad \text{Ec. (17)}$$

Donde:

Q_c = capacidad del colector en m³/s.

V_c = velocidad a sección llena en m/s.

A_c = área de la sección transversal del colector en m². Ésta, generalmente, es el área circular.

$$A_c = \pi * \frac{D^2}{4} \quad \text{Ec. (18)}$$

2.2.17.2 Tirante de agua

Un colector trabaja a sección plena cuando el tirante de agua, es decir, la profundidad del nivel del agua dentro de la sección, es igual al diámetro de éste (ver ecuación 19). En general, los colectores son diseñados a sección plena con las condiciones máximas establecidas en el proyecto, sin embargo, en algunos casos es necesario estimar la velocidad y el tirante de agua cuando el tubo está parcialmente lleno. (op.cit. p.47):

$$H = D \quad \text{Ec. (19)}$$

Donde:

H = tirante de agua en m.

D = diámetro de la sección del colector en m.

2.2.17.3 Velocidad mínima y máxima

En 1989 I.I.N.O.S manifiesta que la velocidad mínima a sección llena en colectores de alcantarillados de aguas servidas, será de 0,60 l/s. Esta velocidad está limitada a fin de evitar la sedimentación de las partículas en suspensión que lleva el agua. La velocidad máxima a sección llena en colectores de alcantarillado, dependerá del material a emplear en los mismos. (Ver tabla 2).

Tabla 2. Velocidades límites.

Material de la tubería	Velocidad límite (m/s)
a. Concreto	5
Rcc 28 * 210 kg/cm	6
Rcc 28 * 280 kg/cm	7,5
Rcc 28 * 350 kg/cm	9,5
Rcc 28 * 420 kg/cm	6
b. Arcilla Vitrificada	4,5
c. Asbesto – Cemento	4,5
d. P. V. C	4,5
e. Hierro fundido, Acero	Sin límite

Fuente: Adaptado de la Gaceta Oficial 5.318 (1999)

Adicionalmente, la velocidad del agua residual dentro de un conducto circular, en este caso la de un colector, se puede determinar mediante fórmulas empíricas que permiten obtener velocidades autolimpiantes, siendo la más utilizada la ecuación proveniente de la fórmula de Chezy-Manning por medio de la siguiente expresión (op.cit. p.52):

$$V_c = \frac{1}{n} * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} \quad \text{Ec. (20)}$$

Donde:

V_c = velocidad media en m/s.

n = coeficiente de rugosidad (ver tabla 3).

R = radio hidráulico en m.

S = pendiente unitaria determinada por la rasante del colector en m/m.

Cuando la velocidad se calcula a sección llena (V_c) empleando la ecuación de Chezy, siendo el radio hidráulico para conductos circulares a sección plena, este elemento se determina mediante la relación del diámetro del conducto entre 4, tal y como se indica en la siguiente ecuación (op. cit. p.52):

$$R_c = \frac{D}{4} \quad \text{Ec. (21)}$$

Donde:

R_c = radio hidráulico a sección plena.

D = diámetro de la sección del colector en m.

2.2.17.6 Elementos hidráulicos para un tirante h

Para estimar la velocidad real y el tirante de agua cuando el colector está parcialmente lleno, se utilizan las relaciones hidráulicas entre los elementos a sección plena y a otras profundidades dentro del conducto circular a través de la tabla de Thorman-Franke (ver figuras 10 y 11), reflejando los coeficientes de la relación entre tirante de agua y diámetro (h/D) y los coeficientes de la relación entre la velocidad a sección plena y velocidad real (V_r/V_c) en función de la relación Q_r/Q_c .

$\frac{Q'}{Q}$	$\frac{h}{S}$	$\frac{v'}{v}$	$\frac{Q'}{Q}$	$\frac{h}{S}$	$\frac{v'}{v}$	$\frac{Q'}{Q}$	$\frac{h}{S}$	$\frac{v'}{v}$
0,001	0,023	0,17	0,041	0,135	0,51	0,081	0,189	0,62
0,002	0,032	0,21	0,042	0,137	0,51	0,082	0,191	0,62
0,003	0,038	0,24	0,043	0,138	0,51	0,083	0,192	0,62
0,004	0,044	0,26	0,044	0,140	0,52	0,084	0,193	0,62
0,005	0,049	0,28	0,045	0,141	0,52	0,085	0,194	0,62
0,006	0,053	0,29	0,046	0,143	0,52	0,086	0,195	0,63
0,007	0,057	0,30	0,047	0,145	0,53	0,087	0,196	0,63
0,008	0,061	0,32	0,048	0,145	0,53	0,088	0,197	0,63
0,009	0,065	0,33	0,049	0,148	0,53	0,089	0,199	0,63
0,010	0,068	0,34	0,050	0,149	0,54	0,090	0,200	0,63
0,011	0,071	0,35	0,051	0,151	0,54	0,091	0,201	0,64
0,012	0,074	0,36	0,052	0,152	0,54	0,092	0,202	0,64
0,013	0,077	0,36	0,053	0,153	0,55	0,093	0,203	0,64
0,014	0,080	0,37	0,054	0,155	0,55	0,094	0,204	0,64
0,015	0,083	0,38	0,055	0,156	0,55	0,095	0,205	0,64
0,016	0,086	0,38	0,056	0,158	0,55	0,096	0,206	0,65
0,017	0,088	0,39	0,057	0,159	0,56	0,097	0,207	0,65
0,018	0,091	0,40	0,058	0,160	0,56	0,098	0,208	0,65
0,019	0,093	0,41	0,059	0,162	0,56	0,099	0,210	0,65
0,020	0,095	0,41	0,060	0,163	0,57	0,100	0,211	0,65
0,021	0,098	0,42	0,061	0,164	0,57	0,105	0,216	0,66
0,022	0,100	0,42	0,062	0,166	0,57	0,110	0,221	0,67
0,023	0,102	0,43	0,063	0,167	0,57	0,115	0,226	0,68
0,024	0,104	0,43	0,064	0,168	0,58	0,120	0,231	0,69
0,025	0,106	0,44	0,065	0,170	0,58	0,125	0,236	0,69
0,026	0,108	0,45	0,066	0,171	0,58	0,130	0,241	0,70
0,027	0,110	0,45	0,067	0,172	0,58	0,135	0,245	0,71
0,028	0,112	0,45	0,068	0,174	0,59	0,140	0,250	0,72
0,029	0,114	0,45	0,069	0,175	0,59	0,145	0,254	0,72
0,030	0,116	0,46	0,070	0,176	0,59	0,150	0,259	0,73
0,031	0,118	0,47	0,071	0,177	0,59	0,155	0,263	0,74
0,032	0,120	0,47	0,072	0,179	0,59	0,160	0,268	0,74
0,033	0,122	0,48	0,073	0,180	0,60	0,165	0,272	0,75
0,034	0,123	0,48	0,074	0,181	0,60	0,170	0,276	0,76
0,035	0,125	0,48	0,075	0,182	0,60	0,175	0,281	0,76
0,036	0,127	0,49	0,076	0,183	0,60	0,180	0,285	0,77
0,037	0,129	0,49	0,077	0,185	0,61	0,185	0,289	0,77
0,038	0,130	0,50	0,078	0,186	0,61	0,190	0,293	0,78
0,39	0,132	0,50	0,079	0,187	0,61	0,195	0,297	0,78
0,040	0,134	0,50	0,080	0,188	0,61	0,200	0,301	0,79

Figura 10. Tabla de Thormann y Franke. Variaciones de caudales y velocidades en función de la altura de llenado.

Fuente: Asociación de fabricantes de tubos de concreto, A.C.

$\frac{Q'}{Q}$	$\frac{h}{S}$	$\frac{v'}{v}$	$\frac{Q'}{Q}$	$\frac{h}{S}$	$\frac{v'}{v}$	$\frac{Q'}{Q}$	$\frac{h}{S}$	$\frac{v'}{v}$
0,210	0,309	0,80	0,610	0,568	1,04	0,905	0,791	1,07
0,220	0,316	0,81	0,620	0,575	1,04	0,910	0,797	1,07
0,230	0,324	0,82	0,630	0,581	1,05	0,915	0,802	1,06
0,240	0,331	0,83	0,640	0,587	1,05	0,920	0,808	1,06
0,250	0,339	0,84	0,650	0,594	1,05	0,925	0,814	1,06
0,260	0,346	0,85	0,660	0,600	1,05	0,930	0,821	1,06
0,270	0,353	0,86	0,670	0,607	1,06	0,935	0,827	1,06
0,280	0,360	0,86	0,680	0,613	1,06	0,940	0,834	1,05
0,290	0,367	0,87	0,690	0,620	1,06	0,945	0,841	1,05
0,300	0,374	0,88	0,700	0,626	1,06	0,950	0,849	1,05
0,310	0,381	0,89	0,710	0,633	1,06	0,955	0,856	1,05
0,320	0,387	0,89	0,720	0,640	1,07	0,960	0,865	1,04
0,330	0,394	0,90	0,730	0,646	1,07	0,965	0,874	1,04
0,340	0,401	0,91	0,740	0,653	1,07	0,970	0,883	1,04
0,350	0,407	0,92	0,750	0,660	1,07	0,975	0,894	1,03
0,360	0,414	0,92	0,760	0,667	1,07	0,980	0,905	1,03
0,370	0,420	0,93	0,770	0,675	1,07	0,985	0,919	1,02
0,380	0,426	0,93	0,780	0,682	1,07	0,990	0,935	1,02
0,390	0,433	0,94	0,790	0,689	1,07	0,995	0,955	1,01
0,400	0,439	0,95	0,800	0,697	1,07	1,000	1,000	1,00
0,410	0,445	0,95	0,805	0,701	1,08			
0,420	0,451	0,96	0,810	0,705	1,08			
0,430	0,458	0,96	0,815	0,709	1,08			
0,440	0,464	0,97	0,820	0,713	1,08			
0,450	0,470	0,97	0,825	0,717	1,08			
0,460	0,476	0,98	0,830	0,721	1,08			
0,470	0,482	0,99	0,835	0,725	1,08			
0,480	0,488	0,99	0,840	0,729	1,07			
0,490	0,494	1,00	0,845	0,734	1,07			
0,500	0,500	1,00	0,850	0,738	1,07			
0,510	0,506	1,00	0,855	0,742	1,07			
0,520	0,512	1,01	0,860	0,747	1,07			
0,530	0,519	1,01	0,865	0,751	1,07			
0,540	0,525	1,02	0,870	0,756	1,07			
0,550	0,531	1,02	0,875	0,761	1,07			
0,560	0,537	1,02	0,880	0,766	1,07			
0,570	0,543	1,03	0,885	0,770	1,07			
0,580	0,550	1,03	0,890	0,775	1,07			
0,590	0,556	1,03	0,895	0,781	1,07			
0,600	0,562	1,04	0,900	0,786	1,07			

Figura 11. Tabla de Thormann y Franke. Variaciones de caudales y velocidades en función de la altura de llenado.

Fuente: Asociación de fabricantes de tubos de concreto, A.C

2.2.18 Material de las tuberías y diámetro mínimo

Antes de proceder al cálculo hidráulico, es necesario seleccionar el material de tubería más conveniente entre las que se encuentran disponibles en el mercado y principalmente de acuerdo a las características del líquido a transportar y a las características del suelo en el cual van a ser enterradas las tuberías. Entre las tuberías comúnmente usadas se encuentran mencionadas en la tabla 3. Por otra parte, el diámetro mínimo de los colectores para un sistema de alcantarillado de aguas servidas será de \emptyset 0,20 m (8"). (op.cit. p.52).

Tabla 3. *Coeficiente de rugosidad.*

Material	N
Colectores cerrados prefabricados:	
P.V.C	0,012
P.E.A.D	0,012
Fiberglass	0,012
Hierro Fundido	0,012
Hierro Fundido Dúctil	0,012
Arcilla Vitrificada	0,013
Concreto ($\phi > 61\text{cm}$ (24"))	0,013
Concreto ($\phi > 53\text{cm}$ (21"))	0,015
Colectores cerrados vaciados en sitio:	
Concreto	0,014
a. Canales	
Revestimiento de asfalto	0,015
Revestimiento de concreto	0,015

Fuente: Adaptado a la Gaceta Oficial 5.318 (1999)

2.2.19 Pendientes mínimas y máximas

La pendiente mínima de un colector estará determinada por la velocidad mínima admisible a sección llena, la cual en sistemas de alcantarillado de

aguas servidas será de 0,60 m/s y las pendientes máximas serán las correspondientes a las velocidades máximas admisibles a sección llena, según el material empleado en los mismos (op. cit. p 47).

2.2.20 Escalones en las bocas de visita

Los colectores dentro de las bocas de visitas deben ser enrasados por los lomos en el centro de las mismas para garantizar la estabilidad del flujo. Asimismo, Ghanem (1994), expresa que la estabilidad del flujo se puede lograr si se determina el valor de la transición o escalón dentro de la boca de visita por medio de la presente ecuación:

$$hr = (H_2 - H_1) + (K + 1) * \left(\frac{V_2^2}{2g} + \frac{V_1^2}{2g} \right) + Kc * \frac{Vm^2}{2g}$$

Ec. (22)

Donde:

hr = diferencia de elevaciones entre rasantes o escalón en m.

H₂ = tirante de agua del tramo de salida a la boca de visita en m.

H₁ = tirante de agua del tramo de entrada a la boca de visita en m.

K= factor que depende del tipo de régimen hidráulico (adim).

K = 0.1 si el régimen es acelerado.

K = 0.2 si el régimen es retardado.

V₂ = velocidad real del tramo de salida a la boca de visita en m/s.

V₁ = velocidad real del tramo de entrada a la boca de visita en m/s.

g = aceleración de la gravedad en m/s².

Kc = coeficiente de curvatura (adim). Se aplica si se produce cambio de dirección entre un tramo de colector y otro.

Vm = mayor de las velocidades en la transacción en m/s.

$$K_c = 0.25 \sqrt{\frac{\alpha}{90^\circ}} \quad \text{Ec. (23)}$$

Donde:

α = ángulo de deflexión entre tramos de colectores en grados ($^\circ$).

2.2.21 Anchos de zanja

El ancho de la zanja donde se colocarán los colectores depende del diámetro de los mismos y si la zanja será con o sin entibado. Los entibados se usan cuando se requiere soportar los lados de las zanjas porque las paredes son inestables. Este sería el caso de arenas movedizas, capas de arena o de grava sueltas (op.cit. p.52). La siguiente tabla presenta los anchos de zanja según el diámetro interior del tubo con o sin entibado.

Tabla 4. *Anchos de zanja para tuberías según su diámetro.*

Diámetro		Ancho de zanja (cm)	
Centímetros	Pulgadas	Sin entibado	Con entibado
10	4	60	90
15	6	60	90
20	8	70	100
25	10	70	100
30	12	80	100
38	15	90	120
46	18	100	120
53	21	110	130
61	24	120	140
69	27	130	150
76	30	140	160
83	33	150	170
91	36	165	190

Fuente: Adaptado de la Gaceta Oficial 5.318 (1999)

2.2.22 Áreas tributarias a cada colector

La forma más práctica de determinar los gastos o caudales para el diseño de cada tramo y cada colector es haciendo una repartición del $Q_{\text{DISEÑO}}$ total del parcelamiento en función de su área. Al delimitar luego el área a servir por cada tramo, se puede obtener el caudal de diseño correspondiente. Para hacer esta delimitación de áreas se tomará en cuenta el trazado de colectores, asignando áreas proporcionales de acuerdo a las figuras geométricas que este trazado configura. (op. cit. p 52).

2.2.23 Tipos de apoyos de colectores

Los sistemas cloacales se diseñan para ofrecer buenas características para el flujo, resistencia estructural a las cargas exteriores, resistencia a la erosión y ataque de sus paredes por ácidos producto de la descomposición de la materia orgánica en ellos transportada. La resistencia que ofrece una tubería a las cargas exteriores, depende no sólo de la resistencia propia indicada en el ensayo de laboratorio sino del tipo de apoyo que se adopte. Se puede utilizar tres tipos de apoyo, los cuales se denominan A, B y C (op.cit. p.47). (Ver figura 12).

- Apoyo tipo A: El tubo se apoya en un lecho de concreto de un espesor mínimo de $1/4$ del diámetro exterior. El lecho tiene un ancho igual al diámetro del tubo más 20 cm. El relleno sobre el lecho hasta 30 cm. sobre la cresta del tubo debe compactarse cuidadosamente. El factor de carga es de 2,8.
- Apoyo tipo B: El fondo de la zanja se conforma para que presente una superficie cilíndrica de 5 cm mayor (como mínimo) que el diámetro exterior

del tubo, y un ancho suficiente para permitir que $6/10$ del diámetro exterior del tubo se apoye en el relleno granular fino colocado en la excavación conformada. Se hará un relleno cuidadosamente compactado a los lados del tubo y hasta una altura no menor de 30 cm. El factor de carga es 1,9.

- Apoyo tipo C: El tubo se apoya con cuidado en una fundación de tierra formada en el fondo de la zanja por medio de una excavación conformada, la cual ajustará el cuerpo del tubo con razonable precisión, en un ancho mínimo de 60 % del diámetro exterior del tubo. Los laterales y el área sobre el tubo hasta una altura de 30 cm. El factor de carga es de 1,5.

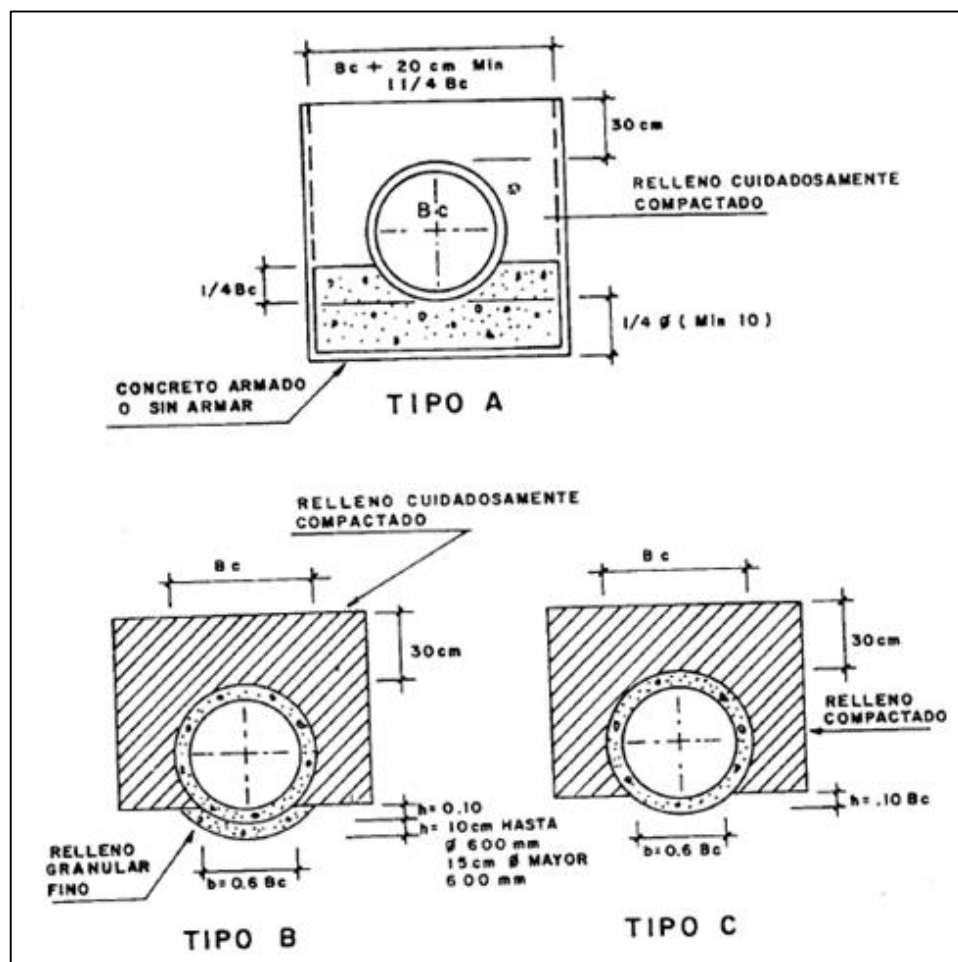


Figura 12. Tipos de apoyo de colectores.

Fuente: I.N.O.S (1989).

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

El marco metodológico se define como el conjunto de actividades o grupo de procedimientos propios en el proceso de una investigación. Es decir, se hace referencia a la metodología usada para el desarrollo del trabajo especial de grado que se presenta y en ese sentido poder lograr un diseño óptimo que cumpla con todas las normativas venezolanas vigentes.

3.1 Tipo de investigación

El objetivo de esta investigación fue la evaluación de las redes de recolección, tratamiento y disposición final de las aguas servidas de la zona más urbana de la parroquia Santa Ana, con relación a los desbordamientos e insuficiencias de la red. Debido a esto, se caracterizó este estudio como investigación de campo y proyecto factible.

Para Arias (2006), define la investigación de campo como aquella que consiste en la recolección de datos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos (datos primarios), sin manipular o controlar variable alguna. De acuerdo con esto, el estudio del trabajo se desarrolló desde una perspectiva cualitativa, donde el tipo de investigación es de campo, tomando en cuenta que los datos fueron obtenidos de forma directa de la realidad, ya que se visitó el objeto de estudio. Se encuentra apoyada con el empleo de fuentes documentales a partir de las cuales se construyeron los fundamentos teóricos que dan sustento al estudio.

3.2 Nivel de investigación

Con respecto al nivel de investigación, el trabajo pertenece al nivel explicativo, ya que Arias (2006) expresa lo siguiente:

“La investigación explicativa se encarga de buscar el porqué de los hechos mediante el establecimiento de relaciones causas-efecto. En este sentido, los estudios explicativos pueden ocuparse tanto de la determinación de las causas (investigación postfacto), como de los efectos (investigación experimental), mediante la prueba de hipótesis. Sus resultados y conclusiones constituyen el nivel más profundo de conocimientos”. (p. 26).

Dicho proyecto es una investigación explicativa, ya que se propone una metodología para la optimización y mejoras del tratamiento de aguas residuales, donde se intenta proponer una solución al vertido final de las aguas servidas domésticas de la parroquia Santa Ana, para que sus aguas no contaminen la fauna y flora que se encuentren en su entorno. Esto implica explorar, describir y proponer alternativas de cambio, y no necesariamente ejecutar la propuesta; es decir, solo se llega hasta su diseño para cubrir las necesidades de la población basado en conocimientos anteriores, luego la comunidad decidirá si se ejecutará o no el proyecto.

3.3 Población y muestra

3.3.1 Población

Hernández, Fernández & Babtista (2010), definen una población como el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de

especificaciones. En efecto, se puede afirmar que, la población en estudio está compuesta por los sistemas de aguas servidas existentes en el Municipio Santa Ana.

3.3.2 Muestra

De la misma manera, se describe la muestra como un subgrupo de la población de interés sobre el cual se recolectarán datos, y que tiene que definirse o delimitarse de antemano con precisión, éste deberá ser representativo de dicha población (ibídem). En este sentido, la muestra está comprendida por los sistemas de aguas servidas existentes en la parroquia Santa Ana, Municipio Santa Ana del estado Anzoátegui.

3.4 Técnicas a utilizar

Según Arias (2006), “se entenderá por técnica, el procedimiento o forma particular de obtener datos o información”. (p. 67.) Las técnicas que fueron utilizadas para el proyecto de investigación son la revisión bibliográfica, observación directa, entrevistas no estructuradas, consulta a expertos, y análisis de datos.

3.4.1 Revisión bibliográfica

A través de esta técnica se acudió a la consulta de textos, tesis, manuales, servicio electrónico de internet y las normas venezolanas que rigen actualmente en el área de sanitarias específicamente en el sistema de recolección, tratamiento y vertido de aguas servidas ya tratadas en los diferentes cuerpos de aguas de origen natural. Entre algunas de las

referencias bibliográficas que se destacan están: las Normas del I.N.O.S, Gacetas del M.S.A.S, y Normas del M.A.R.N.R.

3.4.2 La observación directa

Esta técnica consistió en obtener los datos idóneos con la visita a las instalaciones y organismos del servicio de recolección y tratamiento de aguas residuales, a objeto de levantar un registro fotográfico y documental con la descripción detallada del estado actual de estos servicios y sus componentes. Se recopilaron datos y se hizo un diagnóstico del estado operativo de dichas instalaciones objeto de estudio.

3.4.3 Entrevistas no estructuradas y consulta a expertos

Técnica que permitió lograr información y opiniones técnicas mediante un diálogo entre tres personas: dos entrevistadores (investigador) y el entrevistado; a través de preguntas que surgieron según las respuestas que fueron surgiendo durante la entrevista a los organismos encargados de gestionar el servicio de tratamiento de aguas residuales de la población, como son la Dirección de Ingeniería Municipal y Dirección de Catastro y Desarrollo Urbano de la Alcaldía del Municipio Santa Ana, HIDROCARIBE y esporádicamente algunos habitantes cercanos a los sitios más afectados por el colapso de los sistemas sanitarios.

Sobre la base de las observaciones anteriores, se logró determinar el tipo de sistema de recolección, tratamiento y disposición final de las aguas servidas, los períodos y las posibles causas de desbordamiento. Al mismo tiempo, las entrevistas permitieron detectar la perspectiva que tiene la población a la prestación del servicio y el funcionamiento del sistema, donde

un pequeño grupo manifestaron sentirse descontentos con la operatividad de la red. Así mismo, una parte considerable de la población coincidió en la existencia de desbordamientos de aguas servidas en épocas determinadas.

3.4.4 Análisis de datos

Se realizó una vez que se obtuvo toda la información y estimaciones preliminares mediante las técnicas descritas anteriormente, a través de recursos, dispositivo o formato (en papel o digital), que se utilizaron para registrar, almacenar e interpretar la información. Para el proyecto se manejaron *softwares* de ingeniería para el desarrollo de los objetivos de la investigación, que permitieron reducir el tiempo de desarrollo de los cálculos, dibujo y comparaciones a nivel real de los sistemas existentes y propuestas.

Con referencia a lo anterior, se involucró el uso de cuatro programas de computación. En primer lugar, una hoja de cálculo (EXCEL) donde se recolectaron todas las fórmulas y datos necesarios para su dimensionado. Seguidamente, el *software* Civil 3D para el análisis y cálculo de las redes ya establecidas y de las propuestas planteadas.

Por otra parte, se implementó el programa AutoCAD 2019 para la preparación de los planos de planta del sistema actual y propuesta de recolección de las aguas servidas, planos de ingeniería de detalles y otras gráficas necesarias. Finalmente, MaPrex 2018 para los respectivos análisis de precios unitarios y presupuesto del proyecto, mediante su base de datos relacionados a la construcción civil, empleando para ello los criterios, codificaciones y partidas según la norma venezolana COVENIN 2000, Obras Hidráulicas.

3.5 Metodología técnica

3.5.1 Levantamiento plani-altimétrico de las redes de aguas servidas

Con el propósito de diagnosticar el funcionamiento actual del servicio de aguas servidas de la zona de estudio, fue necesario la actualización catastral y el reconocimiento de las bocas de visitas que conforman el sistema, la cual se contó con la ayuda de los planos de estudio proporcionados por la oficina de Ingeniería de la alcaldía Santa Ana y los recorridos de campo con la colaboración del personal de dicho departamento.

Estos a su vez, permitieron obtener el nivel de cobertura de las redes y sus características. Igualmente, se identificó el espacio geográfico del sistema mediante el trazado de la red con equipo GPS en el formato de posición UTM datum WGS-84 huso 20 y con el programa de sistema de información geográfica (SIG) Google Earth, El proceso se realizó en cada tramo de los colectores hasta obtener todas las elevaciones necesarias para el análisis de este proyecto, resaltando que las mediciones fueron aplicadas para las elevaciones de la superficie (asfalto, tapas de boca de visitas, entre otros).

Adicionalmente, una vez establecidas las cotas de terreno de cada tapa de boca de visita, se realizaron las mediciones de la cota rasante del colector, haciendo uso de una cabilla larga de $\varnothing 1/2$ " y una cinta métrica de larga distancia (100m). El procedimiento consistió en levantar la tapa de hierro de las bocas de visita de cada sistema por separado, mediante técnicas rudimentarias, para luego introducir la cabilla hasta el lomo del colector, obteniendo así la diferencia de altura entre la tapa y el fondo.

3.5.2 Proyección de la población futura

Todas las obras hidráulicas deben proyectarse para un correcto funcionamiento durante un lapso de tiempo, determinándose en base al crecimiento poblacional y a la vida útil de los elementos del sistema. Con base en lo establecido en la norma INOS, el período de diseño recomendado para colectores principales de aguas residuales es de 40 a 50 años y para colectores secundarios es de 20 años. Para la estimación del período de diseño se eligió un periodo de diseño único de 40 años para colectores principales y 20 años para colectores secundarios.

Al mismo tiempo, para la estimación de la población futura se calculó en base a los datos suministrados por el IINE del Estado Anzoátegui, donde consistió en todos los datos históricos de la parroquia Santa Ana; abarcando los censos poblacionales de los años 1990, 2001 y 2011, expuestos en la siguiente tabla 5.

Tabla 5. *Censos de la población de la parroquia Santa Ana 1990-2011.*

Año	Población (Hab)
1990	6810
2001	8655
2011	9252

Fuente: Adaptado del INE Anzoátegui (2011)

Finalmente, para la determinación de proyección de la población futura se realizaron una serie de métodos con sus análisis respectivos, tales métodos fueron el lineal o aritmético, geométrico, logarítmico y estadístico. Por otra parte, se tomó en cuenta la proyección de población que realizó el INE a partir del último censo nacional, la cual se presenta en la tabla 6, con el propósito de

usarlo como referencia en el momento de seleccionar el método más indicado para el diseño.

Tabla 6. *Proyecciones INE, en base al censo 2011.*

Años	Proyección INE (Hab.)
2020	11049
2030	12779
2040	14220
2050	15066

Fuente: Adaptado de la base de datos INE.

3.5.3 Determinación de los caudales de diseño para la estimación del gasto máximo de las aguas servidas

En relación a la determinación del gasto máximo, fue necesario cuantificar los aportes al sistema que provienen principalmente por el uso del agua del sistema de abastecimiento. En primer lugar, se consideró el gasto medio del acueducto, que depende directamente de la dotación de agua potable asignada a una población, y a la misma vez depende de la población a la cual se establece.

De tal modo, según las Normas para el Diseño de los Abastecimientos de Agua señala, que cuando sea necesario proyectar un sistema de abastecimiento de agua para una ciudad para poblaciones inferiores a los 20.000 habitantes, como la parroquia Santa Ana, se sugiere asignar una dotación de 200 lts/hab/día. Luego, se aplica la ecuación 7 para determinar el gasto medio diario (Qmed). Para ilustrar esto, se tiene para la proyección poblacional 2040:

$$Q_{\text{med}} (2040) = \frac{200 \text{ lts/ha/día} * 13467 \text{ hab}}{86400 \text{ seg}} = 31,173 \text{ lts/seg}$$

Posteriormente, se aplicó la ecuación 12 para obtener el coeficiente en función de la población (K). Luego, sustituyendo en la ecuación 11, se obtuvo el resultado del gasto de aguas servidas de uso domiciliario. Una vez determinado dicho caudal, se calcula el gasto de aguas servidas comerciales e institucionales usando la ecuación 13. La información de los aportes comerciales e institucionales se reflejan en el quinto capítulo, en el desarrollo del primer objetivo de la presente investigación. Ejemplificando lo dicho, se tiene para la proyección del año 2040:

$$K = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{\frac{13467}{1000}}} = 2,83$$

$$Q_{\text{máx}} (2040) = 31,173 \text{ l/seg} * 2,83 * 0,80 = 70,46 \text{ l/seg.}$$

$$Q_{\text{máx. comercial}} (2040) = 2,284 \text{ l/seg} * 2,83 * 0,80 = 5,16 \text{ l/seg}$$

Para culminar, se determinó el gasto de infiltración aplicando la ecuación 14, considerando la longitud total de los colectores del sistema, así como la longitud de cada uno de los empotramientos correspondientes, tomando una longitud de empotramiento de 4m cada uno, ya que la longitud promedio de cualquier tramo de colector a la tanquilla de empotramiento es de 3,70m. Consecutivamente, se obtuvo el valor del caudal máximo de las aguas servidas mediante la suma de todos los gastos calculados correspondientes a los distintos aportes de las aguas residuales multiplicados por un coeficiente C. Dicho valor es 2 para este diseño, tal como se muestra a continuación:

$$Q_{\text{Infiltración (2040)}} = \frac{20.000 \text{ lts/km/día} \cdot 25,72 \text{ km}}{86400 \text{ seg}} = 5,95 \text{ l/seg.}$$

$$Q_{\text{TOTAL (2040)}} = (70,46 \text{ l/seg.} + 5,16 \text{ l/seg} + 5,95 \text{ l/seg}) \cdot 2 = 162,42 \text{ l/seg.}$$

3.5.4 Muestra de cálculo para la evaluación de los colectores existentes de la red

Con el propósito de realizar el análisis de la red de alcantarillado de aguas residuales de la parroquia Santa Ana, fue necesario realizar el dimensionamiento de la red. De la misma manera, para determinar los gastos unitarios de aguas servidas, fue necesario ponderar los aportes de las aguas negras, considerando las dotaciones para la población de acuerdo a la Gaceta Oficial N° 4044 Extraordinaria, dependiendo del uso de la parcela. Asimismo, los aportes menores que requieren ser tomados en cuenta como los que proceden de la infiltración de las aguas y de los llamados malos empotramientos, siguiendo los criterios de la G.O. 5318.

Para ilustrar los cálculos en un tramo específico del sistema actual, se tiene el tramo A8-A7, en el que existen 14 módulos empotrados y se tiene que la población es igual a 56 personas en el tramo. A partir del número de personas, se aplicó la ecuación 7, con la cual se comprobó la dotación de aguas blancas que surte las viviendas. Posteriormente, aplicando la ecuación 12 se obtiene el coeficiente en función de la población y luego se aplica la ecuación 11, logrando el resultado del gasto de aguas servidas de uso domiciliario:

$$Q_{\text{med}} = \frac{200 \text{ lts/ha/día} \cdot 56 \text{ hab}}{86400 \text{ seg}} = 0,130 \text{ l/s.}$$

$$K = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{\frac{56}{1000}}} = 4.30$$

$$Q_{\text{m}\acute{\text{a}}\text{x}(\text{A8-A7})} = 0,13 \text{ l/s} * 4,30 * 0,80 = 0,446 \text{ l/s.}$$

De igual manera, para el gasto por comercios e instituciones, es igual a cero porque no se cuenta con comercios para este tramo. Ahora, para el cálculo del gasto de infiltración se encuentran localizadas 14 viviendas ubicadas frente a la calle. Adicionalmente, el tramo cuenta con una longitud de 121,53m, con lo que según para la ecuación 14, el caudal por estos aportes sería:

$$Q_{\text{inf}(\text{A8-A7})} = \frac{20.000 \text{ lts/km/día} * (0,12\text{km} + 0,056\text{km})}{86400 \text{ seg}} = 0,041 \text{ l/s.}$$

Seguidamente, el caudal unitario se calculó a través de la ecuación 10, donde la suma de todos los aportes se multiplica por el coeficiente C, comprendido entre 1 y 2, la cual se toma el 2 para este diseño, ya que se considera el valor más desfavorable y además porque es una zona en crecimiento:

$$Q_{\text{unitario}(\text{A8-A7})} = 2 * (0,446 \text{ l/s} + 0,041 \text{ l/s}) = 0,975 \text{ l/s.}$$

Finalmente, se obtuvo el caudal de diseño total de las aguas servidas mediante la suma del caudal unitario y las del caudal de aguas arriba que recibe el tramo. Por otra parte, se determinó la capacidad a sección plena para colectores de concreto con un coeficiente de rugosidad de $n=0,015$. Es importante señalar, que la capacidad de flujo de agua del sistema debe ser

superior a la demanda de la misma. La relación entre el caudal de diseño y la capacidad de la tubería fue comprobada en el sistema existente, a fin de verificar que la misma no sea mayor a 1 ($Q_r/Q_c < 1$). De igual modo, se verificaron las velocidades del flujo, corroborando que se encuentren en el rango 0,60 – 5 m/s. Para ello, se procedió a determinar los siguientes datos:

3.5.4.1 Cálculo de la pendiente longitudinal del colector (S)

A partir de la diferencia de la cota de rasante aguas arriba y de la cota de rasante aguas abajo en unidades de metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m), divididas entre la longitud del tramo en metros, se obtuvo la pendiente del colector en estudio. Para ilustrar esto, se determinó para el tramo A8-A7:

$$S_{A8-A7} = \frac{166,73 \text{ m.s.n.m} - 161,59 \text{ m.s.n.m}}{121,53 \text{ m}} = 0,0423 \text{ m/m}$$

$$S_{A8-A7} = 0,042 \text{ m/m} * 100 = 4,23\%$$

$$S_{A8-A7} = 0,042 \text{ m/m} * 1000 = 42,3 \text{ ‰}$$

3.5.4.2 Velocidad del colector a sección plena (Vc)

Aplicando la ecuación 17:

$$V_{C \text{ A8-A7}} = \frac{1}{0,015} * \left(\frac{0,20\text{m}}{4} \right)^{2/3} * (0,0423)^{1/2} = 1,861 \text{ m/s.}$$

Siguiendo los parámetros de la Gaceta Oficial 5.318, se concluye que el valor obtenido de la velocidad del tramo a sección plena 1,861 m/s resultó ser mayor a 0.60 m/s, que es la velocidad mínima permisible y menor a 5 m/s, que

es la velocidad máxima permisible para tuberías de material de concreto; por lo tanto, es aceptable.

3.5.4.3 Cálculo del caudal a sección plena (Q_c)

Empleando la ecuación 15, se logró obtener lo siguiente:

$$Q_{c \text{ A8-A7}} = 1,861 \text{ m/s} * \left(3,14 * \frac{(0,20\text{m})^2}{4} \right) = 0,0584 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{c \text{ A8-A7}} = 0,0584 \text{ m}^3/\text{s} * \frac{1000 \text{ l}}{1 \text{ m}^3} = 58,424 \text{ l/s}$$

3.5.4.4 Cálculo de las relaciones hidráulicas

Conocido el caudal y la capacidad del colector se halla la relación Q_r/Q_c :

$$\frac{Q_r}{Q_c} = \frac{9,745 \text{ l/s}}{58,424 \text{ l/s}} = 0,17$$

De lo expuesto, la relación Q_r/Q_c refleja que la tubería trabaja al 17% de su capacidad de conducción.

Luego, con el valor Q_r/Q_c se entra en las figuras 10 y 11, obteniendo los valores de H/D y V_r/V_c :

$$\frac{Q_r}{Q_c} = 0,17 \rightarrow \frac{H}{D} = 0,276 \quad ; \quad \frac{V_r}{V_c} = 0,76$$

Conocido el diámetro (D), se calcula el tirante (H), y conocida la velocidad a sección plena (V_c) se determina la velocidad real (V_r).

$$\frac{H}{D} = 0,276 \rightarrow H = 0,276 * D \rightarrow H = 0,276 * 0,20 \text{ m} = 0,055 \text{ m.}$$

$$\frac{V_r}{V_c} = 0,76 \rightarrow V_r = 0,76 * V_c \rightarrow V_r = 0,76 * 1,85 \text{ m/s} = 1,406 \text{ m/s.}$$

3.5.5 Muestra de cálculo de los nuevos colectores de la red con la población proyectada a futuro

Con el fin de estimar la vida útil del sistema de alcantarillado a futuro, se tomaron en cuenta los aportes por el incremento de la población para su período de diseño de 20 años para colectores secundarios y 40 años para colectores principales. Dicho esto, se optaron los resultados obtenidos en el desarrollo del segundo objetivo del presente trabajo expuesto en el capítulo V.

Así mismo, se tomaron en cuenta todos los aportes de aguas servidas de origen doméstico, institucional, comercial y de infiltración, obteniendo el caudal unitario de diseño del sistema. Una vez determinado dicho caudal, se calculó el área total para cada tramo, siendo el área total la suma del área aguas arriba del colector más el área del colector. Luego, se calculó el caudal de diseño (Q_r) por tramo, consistiendo en multiplicar el gasto unitario por el área tributaria correspondiente (ha) y luego, fueron sumados con el caudal que recibe de aguas arribas, según el trazado de la red, para cada tramo en particular. Ilustrando lo mencionado, para el tramo B9-B8 se tiene:

$$Q_r = 1,65 \text{ ha} * 2,03 \text{ l/s.ha} = 3,349 \text{ l/s}$$

3.5.6 Programación del software Civil 3D 2019

Para el diseño y cálculo del sistema de recolección de aguas servidas se utilizó el programa comercial Civil 3D 2019, donde se relacionaron datos calculados previamente, según los criterios y parámetros establecidos por las normas venezolanas para obtener la simulación del comportamiento del sistema. Para iniciar el programa, se procedió elegir la opción *Inicio > Nuevo dibujo*, la cual permitió tener acceso a la creación de un nuevo proyecto, el cual deberá ser configurado seleccionando; *Unidades de dibujo (Seleccionar: “metros”) > Unidades angulares (Seleccionar: “grados”) > Categorías (Seleccionar: “UTM,WGS1984Datum”) > Sistemas de coordenadas disponibles (Seleccionar: “UTM WGS1984 datum, Zone 20 north, Meters; Cent. Meridian 63d W”) > Aplicar > Aceptar.* (Ver figura 13).

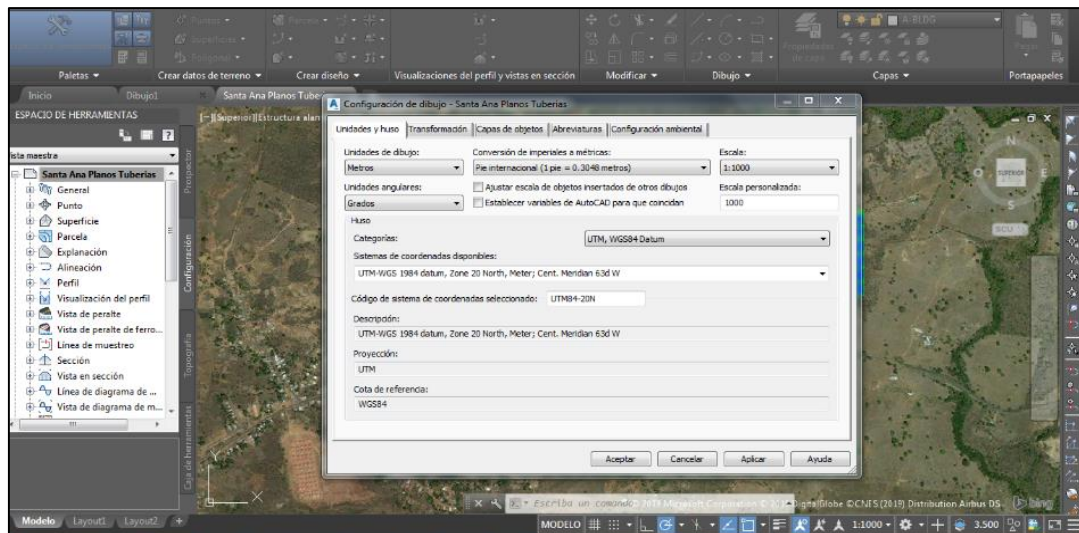


Figura 13. Interfaz de configuración del programa Civil 3D.

Fuente: Autores.

Además, uno de los programas que fueron utilizados al momento de trabajar en este proyecto fue Google Earth, marcando así las coordenadas exactas; norte y este. Para esto se introduce; nombre: *Santa Ana > Zona: 20p*

> *Coordenada este: 318175.90mE* > *Coordenada norte: 1029241.24mN* > *Aceptar*. Tal como se muestra en la figura 14.

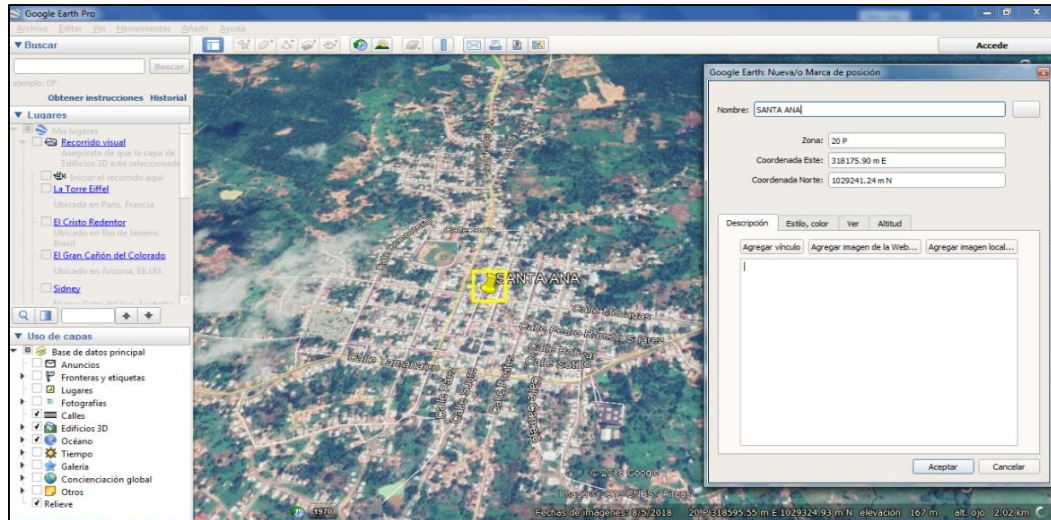


Figura 14. Introducción de coordenadas desde la interfaz de Google Earth.

Fuente: Autores.

Para continuar, se creó un archivo o documento de texto de acuerdo al formato que acepta el programa civil 3D, colocando el nombre y a su vez las coordenadas del municipio Santa Ana. Igualmente, es necesario la creación de puntos y para ello se usaron los siguientes comandos: *Puntos* > *Herramientas de creación de puntos*.

De la misma manera, luego de tener todas las parcelas ubicadas, se importó este archivo al Civil 3D, el cual detectó la ubicación exacta por los datos reales introducidos en el documento de texto. Para este paso, se seleccionó *Importar puntos* > *Agregar archivos (buscar el archivo .csv ó .txt que se desea abrir)* > *Especificar formato de archivo de puntos (filtrado EN)* (Seleccionar: “PNEZD delimitado por comas”) > *OK*. (Ver figura 15). Seguidamente, se editan los estilos de etiquetas, los cuales son una especie

de capas con formatos ya definidos, haciendo de este modo que aparezcan los datos que se desean ver.

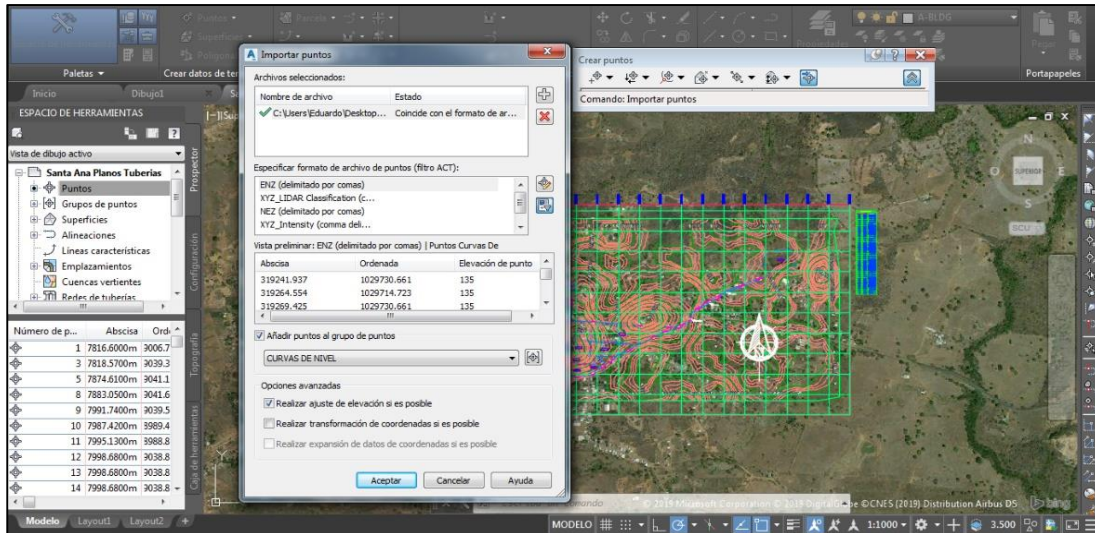


Figura 15. Importar puntos al dibujo desde el programa Civil 3D.

Fuente: Autores.

Mientras tanto, con el programa Google Earth, se creó un polígono que pertenece al área urbana de la parroquia Santa Ana, dicho polígono es enviado al programa Civil 3D para obtener las curvas de nivel. Se seleccionó *Superficies > Terreno (Nombre de la Superficie creada anteriormente) > Definición > Grupos de puntos > Añadir > Todos los puntos > OK*. Luego de poseer estos datos, se procedió a trazar las vías, el área de aportación juntamente con la laguna de oxidación.

Por consiguiente, el diseño de la red del sistema se realizó seleccionando el tipo boca de visita, diámetro de la misma, tubería (especificando el material y diámetro). Después de diseñar la red, se procedió a darle click a una de las bocas de visita y se activó una ventana que muestra "Crear alineación a partir de piezas de red". (Ver figura 16).

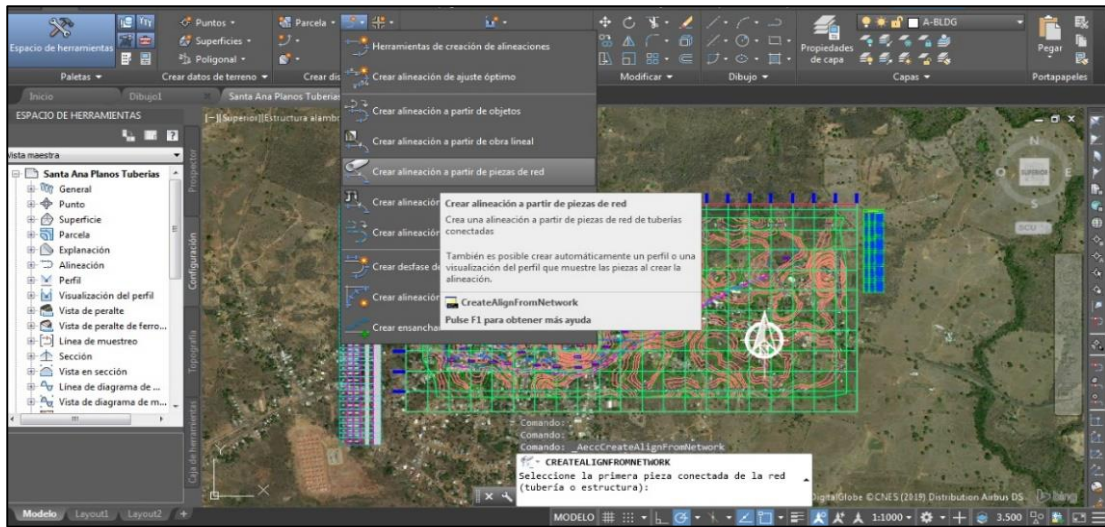


Figura 16. Alineación a partir de piezas de la red.
Fuente: Autores.

Seguidamente, en la figura 17 se observa cómo se creó la visualización de los perfiles longitudinales y transversales. Se seleccionó el comienzo y el final de la tubería, para que de manera precisa el programa los genere, posteriormente se modificó la banda, que es la ventana donde se introduce lo se desea ver, como las progresivas, pendiente, distancia, entre otros. Por último, se guardó el formato.

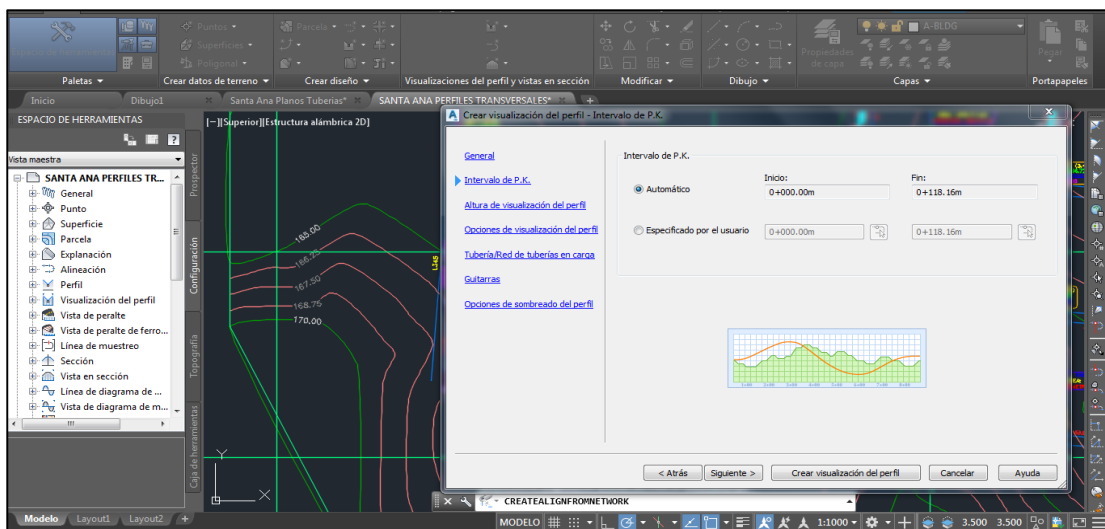


Figura 17. Visualización del perfil, desde el programa Civil 3D.
Fuente: Autores

3.5.7 Determinación de una planta de tratamiento

Sobre la base del tratamiento de las aguas residuales, se propone un sistema de planta de tratamiento con una población proyectada a futuro, sabiendo que las obras de ingeniería hidráulica como lo son dichas plantas, no se diseñan para satisfacer solo una necesidad del momento actual, sino que deben prever el crecimiento de la población en un período de tiempo prudencial que varía entre 10 y 40 años.

El período de diseño es de 40 años, con la finalidad de mejorar las condiciones de vertido de dichas aguas, de forma que cumplan con las normativas vigentes establecidas en el Decreto 883 “Normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos”. Gaceta No.5021. Ahora bien, los procesos más frecuentes en el desarrollo de una planta de tratamiento de aguas servidas para una localidad con una población no mayor a los 50000 habitantes comprenden las siguientes unidades:

1. Obra de llegada.
2. Pre-tratamiento: Desbaste.
3. Tratamiento primario: Tanque de igualación y tanque sedimentador.
4. Tratamiento Secundario: Tratamiento biológico.
5. Tratamiento Terciario: Desinfección.
6. Tanque de lodos con lecho de secado.

Para el diseño de las unidades de la planta de tratamiento se deben emplear los parámetros de entrada como punto de partida para el diseño, que deberán cumplir con las especificaciones de las normativas ambientales a la salida de las unidades de tratamiento. A continuación, se presentan las

características de la descarga de aguas residuales de la población de la parroquia Santa Ana (parámetros de entrada):

Conociendo el caudal medio de la población futura para el año 2060 que es de $Q_m=39,64$ l/s, se determina el valor del gasto de aguas negras domiciliarias y de los comercios e instituciones, sin multiplicar por el factor K de población ya que se está diseñando la planta de tratamiento no el acueducto.

$$Q_{\text{domiciliaria}} = 39,64 \text{ l/s} * 0,80 = 31,712 \text{ l/s}$$

$$Q_{\text{comercio}} = 2,24 \text{ l/s} * 0,80 = 1,792 \text{ l/s}$$

Al mismo tiempo, conociendo el caudal de infiltración, que es de $Q_{\text{inf}} = 5,95$ l/s, se procede a obtener el caudal medio de aguas negras:

$$Q_{\text{ANmed}} = 31,712 \text{ l/s} + 1,792 \text{ l/s} + 5,95 \text{ l/s} = 39,454 \text{ l/s.}$$

Para el caudal máximo de aguas negras, se emplea un coeficiente de mayoración donde el caudal máximo que puede llegar a planta se puede estimar como 1,5 a 2,5 veces el caudal medio:

$$Q_{\text{ANmax}} = 2 * (39,454) = 78,908 \text{ l/s.}$$

Conociendo el caudal medio de la población que es de $Q_m = 39,64$ l/s, se obtiene el gasto per cápita por día:

$$Q_{\text{per cap}} = (39,64 \text{ l/s} * 86400 \text{ s/día}) / 17124 \text{ hab} = 200,006 \text{ l/hab*día.}$$

Por el decreto 883, la carga orgánica mínima es de 54grDBO por día, por lo que se obtiene la concentración de DBO en el afluente:

$$\text{DBO} = (54 * 1000) / 200,006 = 269,99$$

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y ANÁLISIS

4.1 Levantamiento plani-altimétrico de las redes de aguas servidas existentes de la parroquia Santa Ana.

El área servida por el sistema de alcantarillado de la zona de estudio se refleja en la figura 18, abarcando alrededor de 101,73 hectáreas y se encuentra cubierto por tres redes que no se conectan entre ellas en ningún tramo. El primer sistema se ubica en la zona 1 representando la red central de Santa Ana y dos pequeñas redes ubicadas en la zona 2 y 3.



Figura 18. Distribución del sistema de alcantarillado de la zona de estudio.
Fuente: Autores.

Sumado a lo anterior, la red del sistema central fue construida en el año 1999, indicando tener un estado en uso de 21 años. Los otros alcantarillados pequeños fueron construyéndose a medida que se desarrollaba el área de la población. A su vez, el sistema utilizado para la recolección de las aguas servidas de la parroquia es de tipo unitario, es decir, conduce solo las aguas servidas independizándose del sistema de drenaje de aguas de lluvia.

Por otro lado, la topografía que presenta el terreno de la zona estudiada es irregular y las pendientes de las tuberías están calculadas en función a ello, por lo que el sistema trabaja por gravedad. Ahora bien, con el fin de evaluar las condiciones y el rendimiento hidráulico sanitario para cada caso, en la tabla 7 se resume el área de servicio de cada red que conforman el sistema de alcantarillado.

Tabla 7. Área de servicio de las redes de alcantarillado existentes en la parroquia Santa Ana, año 2020.

Caso	Área servida (Ha)	Zonas de aporte	Coordenadas UTM	
			Norte	Este
Red central	80.4	Sector Casco Central, sector La Palencia	1.029.322,05m	318.616,23m
Red 2	3.33	Sector Villa Santa Ana	1.028.359,84m	316.572,16m
Red 3	18	Sector Francisco de Miranda	1.030.062,03m	317.926,02m

Fuente: Autores.

Al mismo tiempo, todas las aguas recolectadas en los diferentes tramos del sistema de alcantarillado de la parroquia Santa Ana, son conducidas por tuberías de material de concreto con diámetros de 8". Otra de las características que posee el sistema, concierne a los empotramientos domiciliarios, la cual estos son de tipo tanquilla sencillo. En la tabla 8, se

expone la longitud total de los colectores de cada red, así como la longitud de cada uno de los empotramientos correspondientes, comprendida entre el límite de frente de la parcela y el eje del colector.

Tabla 8. Longitud total y longitud de empotramiento del sistema de aguas servidas, situación actual.

Caso	Longitud del colector (m)	No. De empotramientos	Long. De empotramientos (m)	Long. Total de empotramientos (m)
Red central	15.003,20	1579	4	6316
Red 2	861,58	62	4	248
Red 3	2.292,29	243	4	972

Fuente: Autores.

En lo que respecta al caso de la red central, representado con el código A para el sector Casco Central y B para el sector La Palencia, cuenta con dos colectores principales representado de color fucsia para unirse en el pozo A4 y continuar con el emisario definido con el color rojo, el mismo que a través del pozo A1 conduce el caudal total hasta su tratamiento en la laguna de oxidación. La red presenta un trazado tipo peine, cuenta con 156 tramos, con un total de 105 bocas de visitas y 1 boca de visita de descarga a la laguna (ver figura 19). Esta información también puede ser apreciada en el anexo B, adjunto al final del proyecto.



**Figura 19. Distribución de la zona de estudio.
Fuente: Autores**

No obstante, para la red 2 ubicada en el sector Villa Santa Ana, representado con el código C, se caracteriza por mostrar un trazado tipo peine, con 12 tramos y 12 bocas de visita, contando con un colector principal representado de color azul claro para unirse en el pozo C1 y continuar con el emisario identificado con el color rojo, donde conduce el caudal hasta su tratamiento final a un filtro percolador. Tal como se muestra en la figura 20.

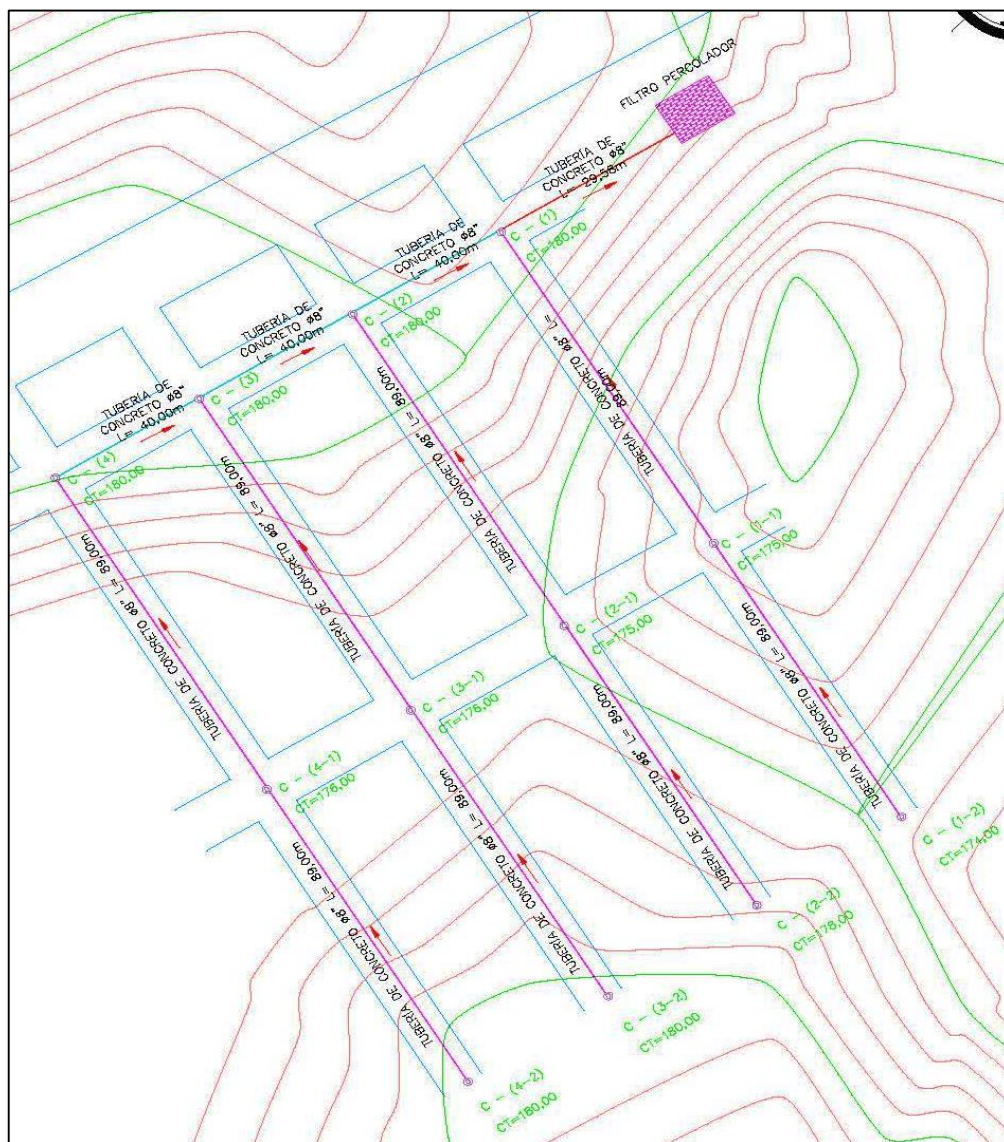


Figura 20. Distribución de los colectores de la red 2.

Fuente: Autores.

Por otra parte, conforme se conocieron los valores del trazado del sistema de alcantarillado, iniciando por la descarga y llegando a cada uno de los ramales que recogen las aguas, se realizó una hoja de cálculo de los datos arrojados del levantamiento topográfico, señalando la ubicación geográfica de cada boca de visita y sus respectivas cotas rasante. Tal como se muestra en la tabla 9 para la red central, en la tabla 10 para la red 2 y para la red 3, en la tabla 11.

Tabla 9. Resultados del levantamiento topográfico de la red central de la parroquia Santa Ana.

Boca de visita	Norte (m)	Este (m)	Cota rasante (m)	Boca de visita	Norte (m)	Este (m)	Cota rasante (m)
A72	1.029.645,70	318.055,35	165,64	A21	1.029.037,40	318.081,41	162,86
A71.2	1.029.877,22	318.073,91	156,95	A20	1.029.034,29	318.138,38	166,86
A71.1	1.029.750,54	318.105,17	159,96	A19	1.029.027,80	318.195,74	168,44
A71	1.029.676,37	318.119,66	162,29	A18	1.029.021,90	318.290,99	167,15
A70	1.029.547,03	317.915,47	167,54	A17	1.029.016,21	318.382,02	170,89
A69	1.029.531,75	317.942,54	166,19	A16	1.029.011,76	318.492,18	162,94
A68	1.029.535,90	318.048,58	163,89	A15	1.029.000,92	317.811,47	165,16
A67	1.029.536,72	318.132,30	160,64	A14	1.028.993,73	317.875,78	161,81
A66	1.029.541,96	318.195,72	164,76	A13	1.028.985,47	317.990,18	160,46
A65	1.029.547,59	318.245,18	168,01	A12	1.028.978,80	318.074,09	162,79
A64	1.029.436,78	317.838,93	163,17	A11	1.028.974,56	318.131,22	169,11
A63	1.029.425,24	317.919,08	167,35	A11.3	1.028.797,15	318.143,87	161,65
A62	1.029.481,99	317.938,79	168,65	A11.2	1.028.852,06	318.128,38	160,30
A61	1.029.484,86	318.026,58	166,00	A11.1	1.028.914,20	318.125,34	172,07
A60	1.029.362,18	318.015,35	164,58	A10	1.028.970,71	318.193,12	167,91
A59	1.029.384,33	318.034,36	165,93	A10.2	1.028.851,10	318.183,54	162,65
A58	1.029.365,63	318.034,27	167,99	A10.1	1.028.903,75	318.184,30	168,45
A57	1.029.381,37	318.052,03	165,84	A9	1.028.963,75	318.286,98	164,90
A56	1.029.480,04	318.049,52	165,60	A8	1.028.957,89	318.376,08	161,63
A55	1.029.436,10	318.055,47	164,49	A7	1.028.961,02	318.497,04	156,49
A54	1.029.431,93	318.120,05	159,29	A6	1.029.041,31	318.599,19	163,90
A53	1.029.427,54	318.182,22	158,08	A5	1.029.121,21	318.756,54	156,52
A52	1.029.423,21	318.233,72	156,79	A5.1	1.029.046,63	318.795,67	149,30
A51	1.029.406,62	318.329,12	155,49	A5.2	1.028.990,62	318.924,63	152,30

Continuación de la tabla 9

Boca de visita	Norte (m)	Este (m)	Cota rasante (m)	Boca de visita	Norte (m)	Este (m)	Cota rasante (m)
A50	1.029.406,20	318.418,44	153,48	A5.3	1.028.929,78	319.021,92	153,65
A49.3	1.029.303,38	317.681,67	173,65	A4	1.029.191,86	318.887,33	162,40
A49.2	1.029.299,03	317.757,95	172,15	A3	1.029.220,37	318.974,93	154,19
A49	1.029.293,59	317.829,03	165,91	A2	1.029.234,42	319.154,95	149,90
A48	1.029.270,49	318.014,60	167,35	A2.1	1.029.213,31	319.320,74	147,49
A47	1.029.260,12	318.104,75	162,65	A2.2	1.029.167,82	319.517,30	148,84
A46	1.029.253,44	318.161,30	162,35	A1	1.029.322,47	319.069,11	148,55
A45	1.029.244,44	318.216,63	163,29	B9	1.028.514,09	316.618,59	178,65
A44	1.029.237,47	318.311,52	167,61	B8	1.028.612,82	316.792,31	169,65
A43	1.029.229,41	318.403,33	171,22	B7	1.028.712,80	316.934,30	168,65
A42	1.029.216,12	318.506,57	169,78	B6.9.1	1.028.362,45	317.226,67	154,35
A41	1.029.197,41	317.821,66	162,30	B6.9	1.028.373,22	317.278,34	153,00
A40	1.029.171,70	318.003,07	164,69	B6.8	1.028.416,09	317.271,41	155,30
A39	1.029.165,08	318.093,45	162,02	B6.8.1	1.028.400,67	317.167,71	151,34
A38	1.029.157,82	318.151,05	162,76	B6.7	1.028.459,45	317.262,83	155,36
A37	1.029.153,74	318.206,69	161,41	B6.7.1	1.028.443,88	317.160,51	150,97
A36	1.029.145,94	318.303,31	166,90	B6.6	1.028.503,44	317.256,11	155,40
A35	1.029.137,83	318.390,81	189,14	B6.6.1	1.028.487,05	317.154,46	149,85
A34	1.029.130,24	318.500,42	175,13	B6.5	1.028.547,88	317.249,19	155,60
A33	1.029.126,79	318.742,19	157,97	B6.5.1	1.028.532,27	317.149,65	148,65
A32	1.029.120,14	317.816,16	163,65	B6.4	1.028.594,01	317.243,71	157,50
A31	1.029.107,75	317.998,16	168,12	B6.4.1	1.028.575,42	317.138,13	153,65
A30	1.029.097,59	318.083,30	165,37	B6.3	1.028.636,89	317.236,74	160,00
A29	1.029.095,22	318.144,38	164,11	B6.3.1	1.028.621,87	317.134,15	161,65
A28	1.029.090,79	318.202,95	167,48	B6.2	1.028.676,72	317.223,35	158,65
A27	1.029.078,09	318.297,59	172,01	B6.1	1.028.671,36	317.154,33	164,65
A26	1.029.068,06	318.385,40	190,10	B6	1.028.808,09	317.104,25	167,65
A25	1.029.054,88	318.495,76	171,95	B5	1.028.838,73	317.179,45	173,65
A24	1.029.046,11	317.810,58	162,30	B4	1.028.866,11	317.331,64	166,65
A23	1.029.044,47	317.877,31	162,29	B3	1.028.851,56	317.438,80	165,30
A22	1.029.042,65	317.994,14	160,94	B2	1.028.859,09	317.579,14	163,95
				B1	1.028.948,10	317.703,37	162,60

Fuente: Autores.

Tabla 10. Resultados del levantamiento topográfico de la red 2 de Santa Ana.

Boca de visita	Norte	Este	Cota rasante (m)
C4.2	1.028.307,17m	316.543,34m	178,65
C4.1	1.028.235,51m	316.586,62m	174,65
C4	1.028.382,29m	316.491,84m	173,67
C3.2	1.028.330,46m	316.576,52m	178,65
C3.1	1.028.256,47m	316.622,10m	174,55
C3	1.028.403,25m	316.526,10m	173,34
C2.2	1.028.348,99m	316.610,78m	176,65
C2.1	1.028.275,01m	316.655,15m	173,45
C2	1.028.424,21m	316.562,79m	171,99
C1.2	1.028.366,41m	316.645,03m	172,65
C1.1	1.028.291,60m	316.655,22m	173,65
C1	1.028.443,94m	316.599,36m	172,59

Fuente: Autores.

Tabla 11. Resultados del levantamiento topográfico de la red 3 de Santa Ana.

Boca de visita	Norte	Este	Cota rasante (m)
D10	1.030.373,15m	318.016,28m	153,30
D10.1	1.030.456,33m	318.033,15m	154,65
D9	1.030.379,38m	318.023,52m	151,95
D8	1.030.248,25m	318.014,67m	150,60
D7	1.030.025,58m	317.900,80m	149,25
D7.1	1.029.984,65m	318.048,03m	158,65
D6	1.029.993,98m	317.894,17m	162,65
D6.1	1.029.995,35m	316.989,66m	166,99
D6.2	1.029.723,03m	317.821,58m	160,65
D5	1.029.711,11m	317.903,94m	161,30
D4	1.029.755,02m	317.904,14m	159,95
D3	1.029.825,30m	317.895,13m	158,95
D3.1	1.029.748,65m	318.012,66m	160,95
D3.2	1.029.833,07m	318.005,91m	162,30
D3.3	1.029.757,86m	317.796,11m	163,65
D2	1.029.937,29m	317.881,49m	155,95
D2.1	1.029.916,85m	317.995,10m	155,61
D2.2	1.029.889,58m	317.796,34m	163,01
D2.3	1.029.743,02m	318.012,72m	163,51
D1	1.029.933,75m	317.882,68m	154,60

Fuente: Autores.

En referencia a las observaciones realizadas en campo, se obtuvo una visión más palpable de la realidad en la comunidad, resaltando que en algunas zonas donde se construyeron viviendas, no cuentan con un colector para las aguas servidas. Este problema, se resuelve ampliando el sistema de aguas negras en las siguientes áreas descritas en la figura 22.



Figura 22. Zonas sin servicio de alcantarillado.
Fuente: Autores.

Adicionalmente, durante las eventuales precipitaciones ocasionan el desbordamiento de las aguas servidas por las bocas de visita de la red central, como es el caso de la calle Monagas (ver figura 23); exponiendo a los habitantes de la zona a adquirir enfermedades como el cólera, gastroenteritis, hepatitis A, entre otras. Cabe resaltar, las bocas de visitas tienen tapas de hierro fundido, por lo que en su mayoría se encuentran afectadas por la corrosión. Al final de la investigación en el anexo A, se encuentran reflejadas las fotos del objeto de estudio.




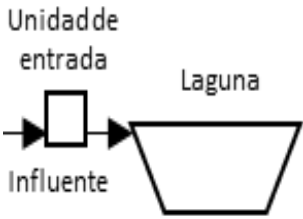
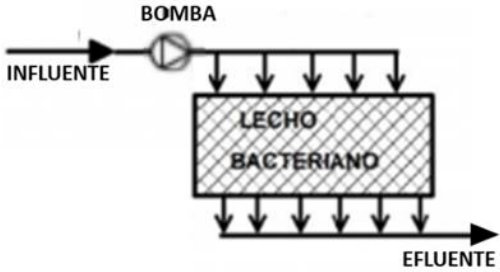


Figura 23. Boca de visita de la red aguas negras desbordada luego de la ocurrencia de precipitaciones, ubicada en la calle Monagas.

Fuente: Autores.

En otro orden de ideas, se identificaron 3 métodos para el tratamiento de las aguas residuales del sistema estudiado, de tipo biológico secundario. En la red central cuenta con una laguna de oxidación ubicada en el sector Los Algarrobos. En cambio, para las redes de alcantarillado 2 y 3 presentan el mismo proceso convencional de filtro percolador, cada uno ubicados en sus respectivos sectores de aporte. En la tabla 12 se muestran las características de cada sistema de tratamiento.

Tabla 12. Características de los sistemas de tratamiento, situación actual.

Aspectos	Laguna de oxidación	Filtro percolador, red2	Filtro percolador, red 3
Ubicación geográfica en Google Earth			
Ejes UTM	N1.029.126,89m E320.058,95m Elevación: 146,25 m.	N1.028.485,96m E316.605,71m Elevación: 177 m.	N1.029.978,23m E317.844,14m Elevación: 166 m.
Área	2.500 m ²	50m ²	150 m ²
Esquema			
Principio del proceso	Actúa como una laguna de retención, donde el agua tratada se pierde por evaporación o infiltración en el terreno. Las bacterias degradan y asimilan las materias orgánicas tanto en condiciones aeróbicas como anaeróbicas. Las condiciones aeróbicas se generan por la fotosíntesis de las algas.	Mientras el afluente de las aguas residuales fluye a través de los medios filtrantes (una cama constituida de gravas), la película biológica adherido a los medios filtrantes absorbe, oxida y asimila las materias orgánicas. Cuando la película biológica se espesa demasiado se separa de los medios filtrantes.	

Fuente: Autores.

Ante la situación planteada, los métodos usados para el tratamiento de las aguas son fáciles de operar y económicos de mantener. Igualmente, la laguna se caracteriza de poseer poca profundidad y gran extensión. En cambio, los filtros están compuestos por un tanque séptico aproximadamente de 2 a 3 m de profundidad con pocas dimensiones de terreno. A continuación, en la tabla 13 se presenta la comparación entre los sistemas.

Tabla 13. *Comparación de los sistemas de tratamiento existentes en Santa Ana.*

Aspectos	Laguna de oxidación	Proceso de filtro percolador de la red 2 y red 3
Estado del sistema	Operativa.	Operativos.
Rendimiento del tratamiento contra las variaciones del caudal.	Como el volumen de la laguna es suficientemente grande, así como el tiempo de retención hidráulica, este proceso resulta muy eficaz contra la variación en el caudal.	La flexibilidad contra las variaciones del caudal depende de las condiciones de crecimiento de la película biológica fija. Cuando se elimina la película fija debido a las variaciones de flujo, se necesitarán operaciones especiales tales como el incremento de la cantidad de filtros.
Caso en el que empeore la calidad del agua tratada.	En caso de condiciones meteorológicas adversas, como las precipitaciones.	Cuando se separa la película biológica o limo biológico de la superficie de los medios filtrantes.
Equipos principales.	No contiene equipos mecánicos para tratar las aguas residuales. Presenta una unidad de entrada conformada por un pozo que transporta las aguas recolectadas mediante tuberías de Ø8" y no produce su vertido final a un cauce público.	Se conforma por una rejilla para retener los sólidos de gran tamaño, un tanque de sedimentación con pequeñas aberturas en su extremo para el paso de la ventilación natural y una bomba del alimentador.

Continuación de la tabla 13.

Aspectos	Laguna de oxidación	Proceso de filtro percolador de la red 2 y red 3
Generación de lodos.	La generación de lodo es muy pequeña. El lodo acumulado en la laguna se sedimenta y se estabiliza en la laguna, eliminándose una vez cada muchos años. No se requiere tratamiento de lodo.	El volumen de lodo producido es regular. Se forma principalmente de la película biológica que se separa de los medios filtrantes, la sedimentabilidad del lodo es buena y la separación en el tanque de sedimentación es fácil. Se requiere tratamiento y disposición de lodo.
Necesidades energéticas.	Ninguna	Pequeña (fundamentalmente para las bombas de los filtros).
En caso de interrupción eléctrica, impactos adversos y contramedidas.	Una vez que el influente entre en la laguna se pueden tratar las aguas residuales.	El influente se descargará sin tratamiento alguno.
Bordes y caminos de acceso	Los bordes, caminos de acceso y zonas adyacentes a la planta de tratamiento presentan maleza por la falta de mantenimiento. No presenta cerca perimetral.	Se encuentran libres de maleza. No presentan cercas perimetrales para evitar la entrada de animales y personas ajenas a la planta.
Impactos ambientales adversos (Olores desagradables, ruidos, vibraciones, etc.,).	Generación de olores desagradables, propagación de insectos que son un foco de contagio de enfermedades y acumulación de materias flotantes en la superficie. Igualmente, está albergando plantas acuáticas y malas hierbas en los taludes.	Se generan moscas y olores desagradables en el tanque de sedimentación. Las aguas tratadas de ambos casos son vertidas a pequeñas quebradas vecinas. Estos cuerpos de agua se encuentran con poco flujo y se caracterizan con pendientes muy escasas.

Continuación de la tabla 13.Representación
gráfica.**Fuente:** Autores.

Por lo que se refiere al estudio demográfico de las áreas servidas del sistema, se determinó en base al producto entre el número de edificaciones a servir y la cantidad de habitantes, según lo establecido en el último censo realizado en Venezuela (año 2011), el cual reflejó un índice de 4 habitantes por unidad de vivienda para el municipio Santa Ana. Ver tabla 14.

Tabla 14. Estudio demográfico para cada caso, situación año actual.

Caso	No. de viviendas	Promedio de hab/viv	Población (hab/viv)
Red central	1579	4	6316
Red 2	62	4	248
Red 3	243	4	972

Fuente: Autores.

En este mismo orden de ideas, en la tabla 15 se cuantificaron los comercios e instituciones que sirven a cada colector de la red que conforman la zona de estudio. Cabe agregar, se determinaron los aportes en función a

los criterios señalados en la Gaceta Oficial N° 4044 Extraordinaria, dependiendo del uso de la parcela.

Tabla 15. Usos comerciales e instituciones del sistema existente.

Tramo	Comercios e instituciones	Aportes	Qmed (l/s)
A3-A4	Tasca Los Algarrobos	60 lts/día/m ² * (229,59 m ²)	0,159
A6-A7	Estación de servicios la bomba	300 lts/día/bomba * (2 bombas)	0,007
A14-A15	Parque La Encrucijada	0,25 lts/día/m ² * (1694,67 m ²)	0,005
A16-A17	Carnicería Pepe	25 lts/día/m ² * (46,48 m ²)	0,013
A19-A19.1	Liberia The Office School	20 lts/día/m ² * (74,85 m ²)	0,017
A19-A18	C.C Olivero	10 lts/día/m ² * (50,36 m ²)	0,006
A20-A21	Banco de Venezuela	6 lts/día/m ² * (192,65 m ²)	0,013
A20-A21	Plaza bolívar	2 lts/día/m ² * (2298 m ²)	0,053
A21-A22	Farmacia Dalicar	20 lts/día/m ² * (31,44 m ²)	0,007
A25-A25.1	Parque La Bomba	0,25 lts/día/m ² * (721,3 m ²)	0,002
A27-A28	Restaurante América C.A	50 lts/día/m ² * (234,89 m ²)	0,136
A27-A28	Iglesia	0,5 lts/día/m ² * (381,19 m ²)	0,002
A29-A30	Biblioteca Juan A. Sotillo	6 lts/día/m ² * (150,5 m ²)	0,010
A29-A30	C.C Bolívar Plaza	10 lts/día/m ² * (109,03 m ²)	0,013
A30-A31	CDI Augusto Cesar Sandino	500 ls/día/consultorio + 800 lts/día/cama + 1000 ls/día/unidad dental * (8 camas) + (3 consultorios) + (1 unidad dental)	0,319
A33-A34	Clínica Municipal	500 lts/día/consultorio + 800 lts/día/cama * (2 consultorios) + (4 camas)	0,090
A33-A34	Centro Policial Anzoátegui	6 lts/día/m ² * (288,96 m ²)	0,020
A33-A34	Registro Civil Santa Ana	6 lts/día/m ² * (136,47 m ²)	0,009
A36-A36.1	Farmacia Anabel	20 lts/día/m ² * (33,53 m ²)	0,008
A42-A4	Iglesia Asamblea de Dios	0,5 lts/día/m ² * (136,4 m ²)	0,001
A42-A4	Tienda de repuestos	20 lts/día/m ² * (190,06 m ²)	0,044
A40-A53	U.E.N "Pedro Emilio Coll"	90 lts/alumno/día + 50 lts/personal/día * (550 alumnos) + (18 personas)	0,592
A47-A48	U.E Eduardo Delfín Méndez	90 lts/alumno/día + 50 lts/personal/día * (639 alumnos) + (25 personas)	0,692
A58-A59	Estadio Municipal Rigoberto Salazar	3 lts/día/espectador * (300 espectadores)	0,010

A68-A69	Iglesia Bautista Jesús es el Camino	0,5 lts/día/m ² * (104 m ²)	0,001
B8-B7	Manga de coleo "Uben Guayapero"	0,25 lts/día * (1407,48 m ²)	0,004

Fuente: Autores

4.2 Determinación del gasto máximo de la población por los diferentes métodos, considerando la población futura, empleando los criterios establecidos en las Gacetas Oficiales 4044 y 5318, así como los determinados del Ministerio del Desarrollo Urbano

4.2.1 Estimación del período de diseño

- Año de inicio del proyecto: 2020.
- Año proyectado para colectores secundarios: 2040.
- Año proyectado para colectores principales: 2060.

4.2.2 Estimación de la población futura

4.2.2.1 Método aritmético

La determinación de la tasa de crecimiento de población (k) se efectuó a partir los datos de los censos 2001-1999 y 2011-2001 mediante la ecuación 2; posteriormente se obtuvo el promedio de las tasas, el cual es utilizado para desarrollar el método con base en la ecuación 1 para la proyección de población en la progresión aritmética. En la tabla 16 se presentan los datos de proyección poblacional desde el año 2030 hasta el año 2060.

Tabla 16. *Determinación de la población futura mediante el método aritmético.*

Año	Pci	K	Proyección (Hab.)			
			2030	2040	2050	2060
1990	6810	167,727	11413	12550	13687	14824
2001	8655	59,700				
2011	9252					

Promedio = 114

Fuente: Autores.

4.2.2.2 Método geométrico.

De igual modo, la determinación de la tasa de crecimiento de población (r) se efectuó a partir de los datos de los censos y de la ecuación 4; posteriormente se obtuvo el promedio geométrico de las tasas. Después de determinar el valor de r , se desarrolla el método con base en la ecuación 3. En la tabla 17 se presentan los valores de proyección poblacional de los años 2030- 2060 de la parroquia Santa Ana.

Tabla 17. *Determinación de la población futura mediante el método geométrico.*

Año	Pci	R	Proyección (Hab.)			
			2030	2040	2050	2060
1990	6810	0,02203	12131	13991	16136	18609
2001	8655	0,00669				
2011	9252					

Promedio = 0,01436

Fuente: Autores.

4.2.2.3 Método logarítmico

Siguiendo el mismo procedimiento antes enunciado, se calculó la constante de proporcionalidad promedio (kg) a partir de la ecuación 6 y se obtiene el promedio de los valores. Una vez determinado el kg , se procede a

realizar la proyección de población utilizando la ecuación 5 correspondiente para el método. Las proyecciones se presentan en la tabla 18.

Tabla 18. *Determinación de las proyecciones mediante el método logarítmico.*

Año	Pci	Kg	Proyección (Hab.)			
			2030	2040	2050	2060
1990	6810	0,02180	12034	13874	15996	18443
2001	8655	0,00667				
2011	9252					
Promedio =		0,01423				

Fuente: Autores.

4.2.2.4 Métodos estadísticos

Los métodos estadísticos se basaron en la aplicación de los diferentes tipos de regresiones: lineal, exponencial, potencial y logarítmica. Utilizando los datos de los censos de Santa Ana, se obtuvieron los resultados para la ecuación de cada regresión y su respectivo coeficiente r para la proyección de población. (Ver figura 24).

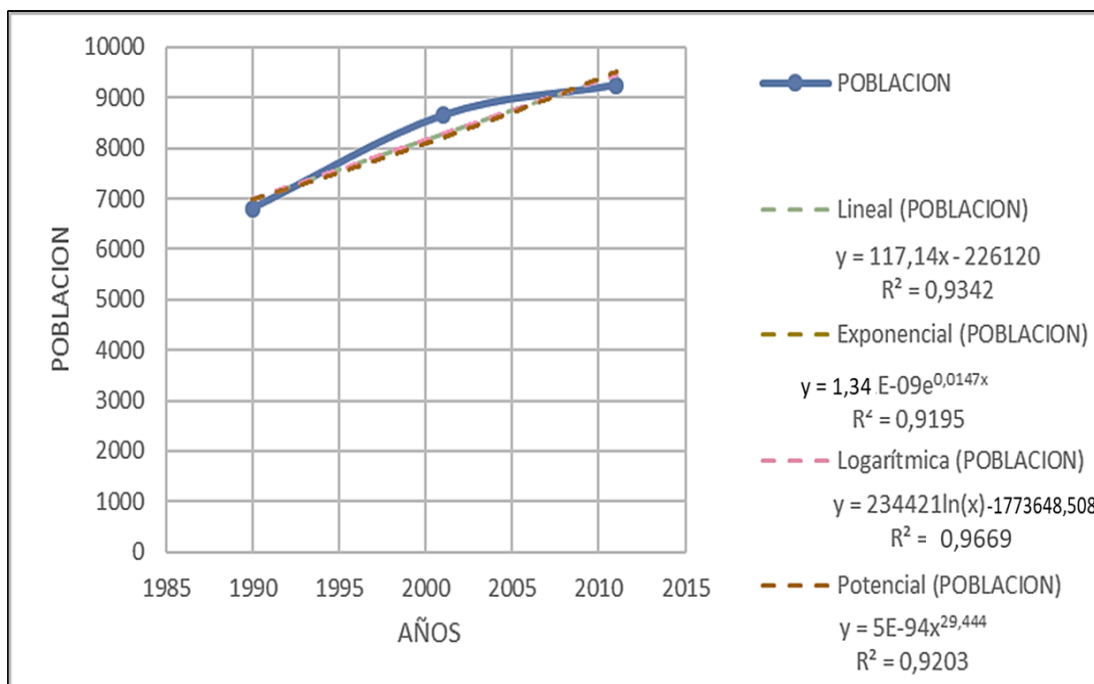


Figura 24. Valores de las ecuaciones y de los coeficientes "r" de las regresiones.
Fuente: Autores.

Seguidamente, utilizando la ecuación de cada regresión se obtuvieron los valores de proyección de población de los años 2020 hasta el 2060, sustituyendo en la ecuación el valor "x" por el año a proyectar. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 19. Los valores obtenidos para el coeficiente r son similares para las regresiones, siendo el de la regresión logarítmica el valor más cercano a uno, y por ende el más preciso respecto a las otras regresiones realizadas.

Tabla 19. Determinación de la población futura mediante métodos estadísticos.

Regresión	Proyección (Hab.)			
	2030	2040	2050	2060
Lineal	11674	12846	14017	15188
Exponencial	12215	14149	16390	18985
Logarítmica	11653	12805	13951	15092
Potencial	12159	14051	16227	18727

Fuente: Autores.

Finalmente, tras aplicar los diferentes métodos de proyección de población, los resultados obtenidos se compararon gráficamente para establecer una tendencia de crecimiento poblacional para la parroquia. Igualmente, se tomaron en cuenta la proyección de población que realizó el INE a partir del último censo nacional, con el propósito de comparar los valores de proyección poblacional obtenidos contra los determinados por el INE. Ver figura 25.

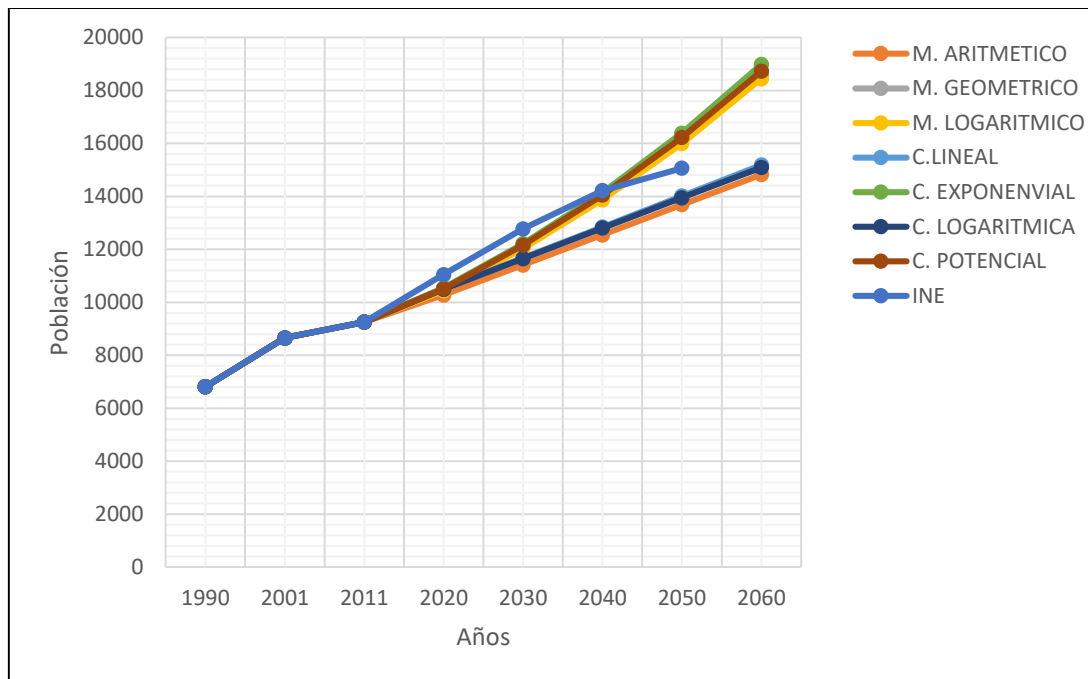


Figura 25. Comparación de los métodos de proyección para la comunidad.
Fuentes: Autores.

Igualmente, en la tabla 20 se exponen los resultados obtenidos mediante la utilización de las diferentes metodologías para la estimación de la población futura y el promedio de las mismas, con la finalidad de establecer un valor real y aproximado para los años de interés del estudio, obteniendo para el año 2040 una proyección de 13.467 habitantes y 17.124 hab. para el año 2060.

Tabla 20. Comparación de los métodos de proyección para Santa Ana.

Año	Aritmético (Hab.)	Geométrico (Hab.)	Logarítmico (Hab.)	C. Lineal (Hab.)	C. Exp (Hab.)	C. log (Hab.)	C. Pot (Hab.)	Promedio (Hab.)
2030	11413	12131	12034	11674	12215	11653	12159	11897
2040	12550	13991	13874	12846	14149	12805	14051	13467
2050	13687	16136	15996	14017	16390	13951	16227	15201
2060	14824	18609	18443	15188	18985	15092	18727	17124

Fuente: Autores.

4.2.3 Estimación del gasto máximo de las aguas servidas

De manera resumida, se presenta en la tabla 21 los gastos máximos de la población actual que dispone de las áreas servidas de alcantarillado y de las proyecciones usadas para el análisis del sistema. Cabe recalcar, este caudal se determinó en base a la suma de todos los aportes de las aguas servidas y se multiplicó por un coeficiente de seguridad de 2 para este diseño, ya que se consideró el valor más desfavorable y además porque es una zona en crecimiento.

Tabla 21. Estimación del gasto máximo de las aguas servidas en Santa Ana.

Año	Población (Hab)	Qmed (l/seg)	Qmax (l/seg)	Qco (l/s)	Qinf (l/seg)	Gasto máximo de aguas servidas (l/seg)
2020	7536	17,44	42,98	5,52	5,95	108,90
2040	13467	31,17	70,58	5,07	5,95	163,20
2060	17124	39,64	86,25	4,87	5,95	194,16

Fuente: Autores.

4.3 Análisis de las condiciones de operación de los sistemas de recolección y tratamiento de aguas servidas, conforme a los resultados adquiridos del gasto máximo y topografía de la parroquia Santa Ana

Inicialmente, se calcularon los gastos circulantes actuales del sistema de recolección de aguas residuales de Santa Ana, comenzando desde el punto de arranque del colector de cada red y tomando en cuenta el caudal de aguas arriba que recibe cada ramal en particular, siguiendo el sentido del flujo hasta llegar a su disposición final. A continuación, se presenta en la tabla 22 los caudales para la red central, así como en la tabla 23 los caudales para la red 2, y por último en la tabla 24 los caudales de la red 3.

Tabla 22. Caudales de aguas servidas existente en la red central.

Tramo	Gastos (l/s)				Qarriba (l/s)	Qdiseño (l/s)
	Domiciliaria	Comercial	Infiltración	Unitario		
B9-B8	0,226	0,000	0,052	0,557	0,000	0,557
B8-B7	0,289	0,014	0,049	0,704	0,557	1,261
B7-B6	0,446	0,000	0,060	1,013	1,261	2,274
B6.9.1-B6.9	0,258	0,000	0,029	0,574	0,000	0,574
B6.9-B6.8	0,000	0,000	0,009	0,019	0,574	0,592
B6.8.1-B6.8	0,321	0,000	0,031	0,704	0,000	0,704
B6.8-B6.7	0,000	0,000	0,009	0,019	1,296	1,315
B6.7.1-B6.7	0,321	0,000	0,031	0,704	0,000	0,704
B6.7-B6.6	0,000	0,000	0,009	0,019	2,019	2,037
B6.6.1-B6.6	0,321	0,000	0,031	0,704	0,000	0,704
B6.6-B6.5	0,000	0,000	0,009	0,019	2,742	2,760
B6.5.1-B6.5	0,321	0,000	0,031	0,704	0,000	0,704
B6.5-B6.4	0,000	0,000	0,009	0,019	3,464	3,483
B6.4.1-B6.4	0,321	0,000	0,031	0,704	0,000	0,704
B6.4-B6.3	0,000	0,000	0,009	0,019	4,187	4,205
B6.3.1-B6.3	0,321	0,000	0,031	0,704	0,000	0,704
B6.3-B6.2	0,000	0,000	0,008	0,016	4,909	4,925
B6.2-B6.1	0,162	0,000	0,021	0,367	4,925	5,292
B6.1-B6	0,226	0,000	0,036	0,525	5,292	5,817

Continuación de la tabla 22.

Tramo	Gastos (l/s)				Qarriba (l/s)	Qdiseño (l/s)
	Domiciliaria	Comercial	Infiltración	Unitario		
B6-B5	0,258	0,000	0,027	0,569	8,091	8,660
B5-B4	0,446	0,000	0,050	0,993	8,660	9,653
B4-B3	0,602	0,000	0,061	1,324	9,653	10,977
B3-B2	0,226	0,000	0,019	0,491	10,977	11,469
B2-B1	0,446	0,000	0,047	0,988	11,469	12,456
B1-A15	0,415	0,000	0,040	0,911	12,456	13,367
A15.1-A15	0,098	0,000	0,013	0,221	0,000	0,221
A15-A14	0,226	0,017	0,022	0,530	13,588	14,118
A14,1-A14	0,098	0,000	0,014	0,224	0,000	0,224
A14-A13	0,540	0,000	0,043	1,165	14,343	15,507
A13,1-A13	0,162	0,000	0,018	0,360	0,000	0,360
A13-A12	0,352	0,000	0,030	0,764	15,868	16,632
A12,1-A12	0,258	0,000	0,021	0,558	0,000	0,558
A12-A11	0,226	0,000	0,020	0,492	17,190	17,682
A11.1-A11	0,226	0,000	0,020	0,493	0,000	0,493
A11.3-A11.2	0,289	0,000	0,019	0,617	0,000	0,617
A11.2-A11	0,877	0,000	0,056	1,866	0,617	2,483
A11-A10	0,226	0,000	0,020	0,493	20,658	21,150
A10.2-A10.1	0,226	0,000	0,017	0,487	0,000	0,487
A10.1-A10	0,786	0,000	0,053	1,677	0,487	2,164
A10-A9	0,415	0,000	0,034	0,898	23,314	24,212
A9.1-A9	0,226	0,000	0,020	0,492	0,000	0,492
A9-A8	0,289	0,000	0,029	0,637	24,704	25,341
A8,1-A8	0,258	0,000	0,021	0,557	0,000	0,557
A8-A7	0,446	0,000	0,041	0,975	25,899	26,874
A7.1-A7	0,162	0,000	0,017	0,359	0,000	0,359
A7-A6	0,194	0,024	0,039	0,516	27,233	27,749
A24.1-A24	0,130	0,000	0,021	0,303	0,000	0,303
A24-A23	0,162	0,000	0,020	0,364	0,303	0,667
A23-A22	0,478	0,000	0,041	1,038	0,667	1,704
A22.1-A22	0,258	0,000	0,022	0,560	0,000	0,560
A22-A21	0,384	0,024	0,031	0,878	2,264	3,142
A21.1-A21	0,258	0,000	0,022	0,559	0,000	0,559
A21-A20	0,226	0,230	0,020	0,953	3,701	4,653
A20-A19	0,130	0,000	0,017	0,295	4,653	4,948
A19.1-A19	0,194	0,059	0,019	0,546	0,000	0,546

Continuación de la tabla 22.

Tramo	Gastos (l/s)				Qarriba (l/s)	Qdiseño (l/s)
	Domiciliaria	Comercial	Infiltración	Unitario		
A19-A18	0,478	0,021	0,036	1,068	5,494	6,562
A18-A17	0,384	0,000	0,032	0,831	6,562	7,393
A17-A16	0,415	0,045	0,038	0,997	7,393	8,390
A16-A6	0,098	0,000	0,031	0,259	8,390	8,649
A28-A27	0,289	0,479	0,031	1,599	0,000	1,599
A27.1-A27	0,194	0,000	0,019	0,426	0,000	0,426
A27-A26	0,258	0,000	0,028	0,571	2,024	2,595
A26.1-A26	0,194	0,000	0,018	0,423	0,000	0,423
A26-A25	0,540	0,000	0,041	1,162	3,019	4,181
A25.1-A25	0,098	0,007	0,012	0,234	0,000	0,234
A25-A6	0,258	0,000	0,035	0,585	4,414	5,000
A6-A5	0,602	0,024	0,052	1,355	41,397	42,753
A32-A31	0,571	1,092	0,060	3,445	0,000	3,445
A31-A30	0,352	0,000	0,030	0,765	3,445	4,211
A30-A29	0,289	0,080	0,022	0,783	4,211	4,994
A29-A38	0,194	0,000	0,020	0,429	4,994	5,423
A41.1-A41	0,384	0,000	0,028	0,824	0,000	0,824
A41-A40	0,816	0,000	0,067	1,767	0,824	2,591
A40.1-A40	0,352	0,000	0,032	0,769	0,000	0,769
A40.2-A40	0,258	0,000	0,023	0,562	0,000	0,562
A40-A39	0,415	0,000	0,032	0,895	3,922	4,817
A39.1-A39	0,384	0,000	0,033	0,834	0,000	0,834
A39.2-A39	0,226	0,000	0,022	0,495	0,000	0,495
A39-A38	0,194	0,000	0,020	0,427	6,146	6,573
A38.1-A38	0,321	0,000	0,031	0,704	0,000	0,704
A38-A37	0,226	0,000	0,019	0,491	12,700	13,191
A37.1-A37	0,321	0,000	0,030	0,702	0,000	0,702
A37.2-A37	0,162	0,000	0,019	0,363	0,000	0,363
A37-A36	0,478	0,000	0,036	1,028	14,256	15,284
A36.1-A36	0,289	0,028	0,030	0,694	0,000	0,694
A36.2-A36	0,194	0,000	0,021	0,430	0,000	0,430
A36-A35	0,415	0,000	0,033	0,895	16,407	17,302
A35.1-A35	0,289	0,000	0,029	0,637	0,000	0,637
A35.2-A35	0,226	0,000	0,023	0,497	0,000	0,497
A35-A34	0,571	0,000	0,041	1,224	18,437	19,661
A34.1-A34	0,258	0,000	0,025	0,565	0,000	0,565

Continuación de la tabla 22.

Tramo	Gastos (l/s)				Qarriba (l/s)	Qdiseño (l/s)
	Domiciliaria	Comercial	Infiltración	Unitario		
A34-A33	0,725	0,405	0,078	2,415	20,226	22,640
A33-A5	0,000	0,000	0,001	0,002	22,640	22,642
A5.3-A5.2	0,415	0,000	0,035	0,901	0,000	0,901
A5.2-A5.1	0,540	0,000	0,055	1,189	0,901	2,089
A5.1-A5	0,415	0,000	0,034	0,898	2,089	2,988
A5-A4	0,226	0,000	0,042	0,536	68,381	68,917
A70.1-A70	0,446	0,000	0,053	0,999	0,000	0,999
A70-A64	0,571	0,000	0,049	1,239	0,999	2,238
A61.1-A61	0,000	0,000	0,003	0,005	0,000	0,005
A61-A62	0,194	0,000	0,029	0,446	0,005	0,452
A62-A63	0,130	0,000	0,018	0,297	0,452	0,748
A63.1-A63	0,098	0,000	0,011	0,219	0,000	0,219
A63-A64	0,415	0,000	0,032	0,893	0,967	1,861
A64-A49	0,632	0,000	0,052	1,369	4,098	5,467
A49.1-A49	0,352	0,000	0,032	0,769	0,000	0,769
A49.3-A49.2	0,194	0,000	0,015	0,419	0,000	0,419
A49.2-A49	0,352	0,000	0,034	0,773	0,419	1,192
A49-A48	0,938	0,000	0,071	2,019	7,429	9,448
A59-A60	0,289	0,000	0,032	0,644	0,000	0,644
A60-A48	0,226	0,000	0,027	0,507	0,644	1,150
A48-A47	0,226	2,413	0,027	5,333	10,598	15,931
A47.1-A47	0,509	0,000	0,054	1,126	0,000	1,126
A47-A46	0,226	0,000	0,020	0,492	17,057	17,549
46.1-BV46	0,847	0,000	0,066	1,825	0,000	1,825
A46-A45	0,226	0,000	0,019	0,491	19,374	19,865
A45.1-A45	0,725	0,000	0,063	1,575	0,000	1,575
A45-A44	0,194	0,000	0,028	0,444	21,440	21,884
A44.1-A44	0,786	0,000	0,064	1,701	0,000	1,701
A44-A43	0,384	0,000	0,032	0,832	23,585	24,417
A72.1-A72	0,352	0,000	0,028	0,762	0,000	0,762
A72-A68	0,509	0,000	0,041	1,099	0,762	1,860
A69.1-A69	0,194	0,000	0,014	0,416	0,000	0,416
A69.2-A69	0,130	0,000	0,015	0,290	0,000	0,290
A69-A68	0,194	0,003	0,029	0,454	0,705	1,159
A68-A67	0,258	0,000	0,027	0,570	3,019	3,590
A71.2.1-A71.2	0,446	0,000	0,030	0,953	0,000	0,953

Continuación de la tabla 22.

Tramo	Gastos (l/s)			Unitario	Qarriba (l/s)	Qdiseño (l/s)
	Domiciliaria	Comercial	Infiltración			
A71.2-A71.1	0,478	0,000	0,053	1,061	0,953	2,014
A71.1-A71	0,226	0,000	0,023	0,497	2,014	2,512
A71-A67	0,694	0,000	0,042	1,472	2,512	3,984
A67-A54	0,289	0,000	0,033	0,645	7,573	8,219
A58.1-A58	0,000	0,000	0,004	0,007	0,000	0,007
A58-A57	0,130	0,035	0,013	0,356	0,007	0,363
A57-A55	0,162	0,000	0,015	0,355	0,363	0,719
A56-A55	0,098	0,000	0,014	0,224	0,000	0,224
A55-A54	0,194	0,000	0,020	0,428	0,942	1,370
A54-A53	0,226	0,000	0,021	0,495	9,655	10,150
A53.1-A53	0,415	0,000	0,039	0,909	0,000	0,909
A53-A52	0,194	0,000	0,017	0,423	11,059	11,482
A66.1-A66	0,162	0,000	0,020	0,365	0,000	0,365
A66-A65	0,130	0,000	0,015	0,291	0,365	0,656
A65-A52	0,446	0,000	0,042	0,977	0,656	1,633
A52-A51	0,289	0,000	0,030	0,639	13,114	13,753
A51-A50	0,446	0,000	0,034	0,961	13,753	14,714
A50-A43	0,509	2,033	0,056	5,195	14,714	19,909
A43-A42	0,540	0,000	0,040	1,159	44,259	45,418
A42.1-A42	0,194	0,000	0,026	0,441	0,000	0,441
A42-A4	1,299	0,150	0,125	3,149	45,860	49,009
A4-A3	0,162	0,557	0,027	1,493	117,927	119,420
A3-A2	0,478	0,000	0,056	1,066	119,420	120,486
A2.2-A2.1	0,725	0,000	0,054	1,558	0,000	1,558
A2.1-A2	0,571	0,000	0,056	1,254	1,558	2,812
A2-A1	0,384	0,000	0,039	0,847	123,298	124,144
A1.1-A1	0,352	0,000	0,045	0,794	0,000	0,794
A1-LO	0,509	0,000	0,092	1,201	124,939	126,139

Fuente: Autores.

Tabla 23. Caudales de aguas servidas existente en la red 2.

Tramo	Gastos (l/s)				Qarriba (l/s)	Qdiseño (l/s)
	Domiciliaria	Comercial	Infiltración	Unitario		
C4.2-C4.1	0,098	0,000	0,023	0,243	0,000	0,243
C4.1-C4	0,258	0,000	0,028	0,572	0,243	0,814
C4-C3	0,098	0,000	0,012	0,220	0,814	1,034
C3.2-C3.1	0,258	0,000	0,028	0,572	0,000	0,572
C3.1-C3	0,258	0,000	0,028	0,572	0,572	1,143
C3-C2	0,066	0,000	0,011	0,153	2,177	2,331
C2.2-C2.1	0,258	0,000	0,028	0,572	0,000	0,572
C2.1-C2	0,258	0,000	0,028	0,572	0,572	1,143
C2-C1	0,066	0,000	0,011	0,153	3,474	3,627
C1.2-C1.1	0,098	0,000	0,023	0,243	0,000	0,243
C1.1-C1	0,258	0,000	0,028	0,572	0,243	0,814
C1-FP	0,033	0,000	0,008	0,081	4,441	4,523

Fuente: Autores.

Tabla 24. Caudales de aguas servidas existente en la red 3.

Tramo	Gastos (l/s)				Qarriba (l/s)	Qdiseño (l/s)
	Domiciliaria	Comercial	Infiltración	Unitario		
D6.1-D6	0,415	0,000	0,041	0,913	0,000	0,913
D6.2.1-D6.2	0,066	0,000	0,009	0,149	0,000	0,149
D6.2-D6	0,415	0,000	0,031	0,892	0,149	1,041
D6-D5	0,130	0,000	0,014	0,289	1,954	2,243
D5.1-D5	0,415	0,000	0,036	0,902	0,000	0,902
D5.2-D5	0,446	0,000	0,039	0,971	0,000	0,971
D5-D4	0,321	0,000	0,025	0,693	4,115	4,808
D4.1-D4	0,415	0,000	0,036	0,902	0,000	0,902
D4.2-D4	0,321	0,000	0,035	0,711	0,000	0,711
D4-D3	0,226	0,000	0,020	0,492	6,421	6,913
D3.3-D3.2	0,352	0,000	0,028	0,760	0,000	0,760
D3.2-D3.1	0,289	0,000	0,022	0,622	0,760	1,382
D3.1-D3	0,352	0,000	0,034	0,773	1,382	2,156
D3-D2	0,258	0,000	0,019	0,554	9,068	9,622
D2.3.1-D2.3	0,289	0,000	0,030	0,638	0,000	0,638
D2.3-D2.2	0,384	0,000	0,032	0,831	0,638	1,469
D2.2-D2.1	0,321	0,000	0,028	0,699	1,469	2,168
D2.1-D2	0,321	0,000	0,036	0,714	2,168	2,882

Continuación de la tabla 24

Tramo	Gastos (l/s)				Qarriba (l/s)	Qdiseño (l/s)
	Domiciliaria	Comercial	Infiltración	Unitario		
D2-D1	0,130	0,000	0,014	0,288	12,504	12,792
D10.1-D10	0,258	0,000	0,028	0,571	0,000	0,571
D10-D9	0,384	0,000	0,041	0,849	0,571	1,420
D9-D8	0,321	0,000	0,056	0,755	1,420	2,175
D8-D7	0,289	0,000	0,029	0,636	2,175	2,811
D7.1-D7	0,571	0,000	0,052	1,245	0,000	1,245
D7-D1	0,098	0,000	0,013	0,222	4,057	4,279
D1-PF	0,000	0,000	0,009	0,018	16,561	16,579

Fuente: Autores.

Posteriormente, el análisis de los cálculos hidráulicos reflejó que el sistema en general se encuentra en buen funcionamiento, presentando 7 tramos de la red central con colapso absoluto debido a que su capacidad hidráulica existente es menor a la demanda y 7 tramos que no cumplen con el rango de las velocidades calculadas de flujo circulante por las tuberías, tal como se muestra en la tabla 25. Los colectores de las redes 2 y 3 están trabajando con caudales que no generan sobrecargas, lo cual hace que ninguno se desborde, tal como se presencié en la visita dada al sitio. Sin embargo, se tiene un tramo en la red 3 que no cumple con la velocidad mínima permisible para evitar el asentamiento de las partículas que pudieran ir suspendidas en el fluido. (Ver tablas 26 y 27).

Tabla 25. *Hidráulica de la red central de aguas servidas existente en Santa Ana.*

Tramo	Gasto de diseño (l/s)	Longitud (m)	Coef n	Pend. (0/00)	Diámetro (m)	Sección plena		(Qr/Qc)<1		Velocidad permisible (5-0,60 m/seg)	Vr/Vc*	Vr	H*	H/D
						Vc (l/s)	Qc (m/s)	Valor	Cond.					
B9-B8	0,557	198,51	0,015	45,34	0,20	1,93	60,485	0,009	OK	CUMPLE	0,33	0,636	0,065	0,013
B8-B7	1,261	175,00	0,015	5,71	0,20	0,68	21,473	0,059	OK	CUMPLE	0,56	0,383	0,162	0,032
B7-B6	2,274	202,67	0,015	4,93	0,20	0,64	19,954	0,114	OK	CUMPLE	0,67	0,426	0,221	0,044
B6.9.1-B6.9	0,574	94,00	0,015	14,36	0,20	1,08	34,042	0,017	OK	CUMPLE	0,39	0,423	0,088	0,018
B6.9-B6.8	0,592	40,00	0,015	57,50	0,20	2,17	68,116	0,009	OK	CUMPLE	0,33	0,716	0,065	0,013
B6.8.1-B6.8	0,704	94,00	0,015	42,13	0,20	1,86	58,304	0,012	OK	CUMPLE	0,36	0,668	0,074	0,015
B6.8-B6.7	1,315	40,00	0,015	1,50	0,20	0,35	11,002	0,120	OK	NO CUMPLE	0,69	0,242	0,231	0,046
B6.7.1-B6.7	0,704	94,00	0,015	46,70	0,20	1,96	61,388	0,011	OK	CUMPLE	0,35	0,684	0,071	0,014
B6.7-B6.6	2,037	40,00	0,015	1,00	0,20	0,29	8,983	0,227	OK	NO CUMPLE	0,82	0,235	0,324	0,065
B6.6.1-B6.6	0,704	94,00	0,015	59,04	0,20	2,20	69,024	0,010	OK	CUMPLE	0,34	0,747	0,068	0,014
B6.6-B6.5	2,760	40,00	0,015	5,00	0,20	0,64	20,086	0,137	OK	CUMPLE	0,72	0,461	0,250	0,050
B6.5.1-B6.5	0,704	94,00	0,015	73,94	0,20	2,46	77,241	0,009	OK	CUMPLE	0,33	0,812	0,065	0,013
B6.5-B6.4	3,483	40,00	0,015	47,50	0,20	1,97	61,911	0,056	OK	CUMPLE	0,55	1,084	0,158	0,032
B6.4.1-B6.4	0,704	94,00	0,015	40,96	0,20	1,83	57,489	0,012	OK	CUMPLE	0,36	0,659	0,074	0,015
B6.4-B6.3	4,205	40,00	0,015	62,50	0,20	2,26	71,016	0,059	OK	CUMPLE	0,56	1,267	0,162	0,032
B6.3.1-B6.3	0,704	94,00	0,015	17,55	0,20	1,20	37,635	0,019	OK	CUMPLE	0,41	0,491	0,093	0,019
B6.3-B6.2	4,925	35,00	0,015	38,57	0,20	1,78	55,789	0,088	OK	CUMPLE	0,63	1,119	0,197	0,039
B6.2-B6.1	5,292	70,88	0,015	84,65	0,20	2,63	82,648	0,064	OK	CUMPLE	0,58	1,527	0,168	0,034
B6.1-B6	5,817	129,57	0,015	23,15	0,20	1,38	43,224	0,135	OK	CUMPLE	0,71	0,977	0,245	0,049
B6-B5	8,660	84,00	0,015	71,43	0,20	2,42	75,920	0,114	OK	CUMPLE	0,67	1,620	0,221	0,044
B5-B4	9,653	160,54	0,015	43,60	0,20	1,89	59,317	0,163	OK	CUMPLE	0,76	1,436	0,276	0,055

Continuación de la tabla 25.

Tramo	Gasto de diseño	Longitud	Coef n	Pend.	Diámetro	Sección plena		(Qr/Qc)<1		Velocidad permisible (5-0,60 m/seg)	Vr/Vc*	Vr	H*	H/D
						Vc	Qc	Valor	Cond.					
						(l/s)	(m/s)							
B4-B3	10,977	185,99	0,015	7,26	0,20	0,77	24,201	0,454	OK	CUMPLE	0,97	0,748	0,470	0,094
B3-B2	11,469	56,17	0,015	24,03	0,20	1,40	44,039	0,260	OK	CUMPLE	0,82	1,150	0,324	0,065
B2-B1	12,456	148,84	0,015	9,07	0,20	0,86	27,054	0,460	OK	CUMPLE	0,77	0,663	0,285	0,057
B1-A15	13,367	121,65	0,015	21,04	0,20	1,31	41,208	0,324	OK	CUMPLE	0,78	1,024	0,293	0,059
A15.1-A15	0,221	42,67	0,015	3,98	0,20	0,57	17,930	0,012	OK	NO CUMPLE	0,36	0,206	0,074	0,015
A15-A14	14,118	65,47	0,015	51,17	0,20	2,05	64,257	0,220	OK	CUMPLE	0,81	1,658	0,316	0,063
A14,1-A14	0,224	49,57	0,015	63,95	0,20	2,29	71,835	0,003	OK	CUMPLE	0,24	0,549	0,038	0,008
A14-A13	15,507	116,62	0,015	11,58	0,20	0,97	30,563	0,507	OK	CUMPLE	1,01	0,983	0,512	0,102
A13,1-A13	0,360	57,14	0,015	99,58	0,20	2,85	89,640	0,004	OK	CUMPLE	0,26	0,742	0,044	0,009
A13-A12	16,632	83,63	0,015	27,86	0,20	1,51	47,415	0,351	OK	CUMPLE	0,92	1,389	0,414	0,083
A12,1-A12	0,558	59,73	0,015	88,40	0,20	2,69	84,458	0,007	OK	CUMPLE	0,30	0,807	0,057	0,011
A12-A11	17,682	59,11	0,015	106,92	0,20	2,96	92,885	0,190	OK	CUMPLE	0,78	2,307	0,293	0,059
A11.1-A11	0,493	60,11	0,015	49,24	0,20	2,01	63,036	0,008	OK	CUMPLE	0,32	0,642	0,061	0,012
A11.3-A11.2	0,617	46,36	0,015	29,12	0,20	1,54	48,475	0,013	OK	CUMPLE	0,36	0,556	0,077	0,015
A11.2-A11	2,483	128,16	0,015	68,74	0,20	2,37	74,478	0,033	OK	CUMPLE	0,48	1,139	0,122	0,024
A11-A10	21,150	59,50	0,015	20,17	0,20	1,28	40,341	0,524	OK	CUMPLE	1,01	1,298	0,519	0,104
A10.2-A10.1	0,487	46,36	0,015	125,11	0,20	3,20	100,476	0,005	OK	CUMPLE	0,28	0,896	0,049	0,010
A10.1-A10	2,164	128,16	0,015	4,21	0,20	0,59	18,439	0,117	OK	NO CUMPLE	0,69	0,405	0,231	0,046
A10-A9	24,212	94,08	0,015	31,99	0,20	1,62	50,810	0,477	OK	CUMPLE	0,99	1,602	0,488	0,098
A9.1-A9	0,492	58,70	0,015	127,09	0,20	3,23	101,267	0,005	OK	CUMPLE	0,28	0,903	0,049	0,010
A9-A8	25,341	89,75	0,015	36,43	0,20	1,73	54,222	0,467	OK	CUMPLE	0,99	1,710	0,492	0,098
A8,1-A8	0,557	57,81	0,015	250,30	0,20	4,53	142,119	0,004	OK	CUMPLE	0,26	1,177	0,044	0,009

Continuación de la tabla 25.

Tramo	Gasto de diseño	Longitud	Coef n	Pend.	Diámetro	Sección plena		(Qr/Qc)<1		Velocidad permisible (5-0,60 m/seg)	Vr/Vc*	Vr	H*	H/D
						Vc	Qc	Valor	Cond.					
						(l/s)	(m/s)							
A8-A7	26,874	121,53	0,015	42,29	0,20	1,86	58,420	0,460	OK	CUMPLE	0,98	1,823	0,476	0,095
A7.1-A7	0,359	54,84	0,015	212,62	0,20	4,17	130,984	0,003	OK	CUMPLE	0,24	1,001	0,038	0,008
A7-A6	27,749	145,89	0,015	50,79	0,20	2,04	64,020	0,433	OK	CUMPLE	0,97	1,978	0,464	0,093
A24.1-A24	0,303	75,49	0,015	17,88	0,20	1,21	37,987	0,008	OK	CUMPLE	0,32	0,387	0,061	0,012
A24-A23	0,667	65,80	0,015	0,15	0,20	0,11	3,502	0,190	OK	NO CUMPLE	0,78	0,087	0,293	0,059
A23-A22	1,704	117,97	0,015	11,44	0,20	0,97	30,388	0,056	OK	CUMPLE	0,55	0,532	0,158	0,032
A22.1-A22	0,560	63,83	0,015	112,49	0,20	3,03	95,273	0,006	OK	CUMPLE	0,29	0,880	0,053	0,011
A22-A21	3,142	85,60	0,015	22,43	0,20	1,35	42,543	0,074	OK	CUMPLE	0,60	0,813	0,181	0,036
A21.1-A21	0,559	60,90	0,015	41,22	0,20	1,84	57,670	0,010	OK	CUMPLE	0,34	0,624	0,068	0,014
A21-A20	4,653	58,58	0,015	68,28	0,20	2,36	74,229	0,063	OK	CUMPLE	0,57	1,347	0,167	0,033
A20-A19	4,948	57,89	0,015	27,29	0,20	1,49	46,929	0,105	OK	CUMPLE	0,66	0,986	0,216	0,043
A19.1-A19	0,546	59,86	0,015	53,79	0,20	2,10	65,884	0,008	OK	CUMPLE	0,36	0,755	0,077	0,015
A19-A18	6,562	95,58	0,015	13,50	0,20	1,05	33,001	0,199	OK	CUMPLE	0,80	0,841	0,309	0,062
A18-A17	7,393	88,75	0,015	42,14	0,20	1,86	58,314	0,127	OK	CUMPLE	0,70	1,300	0,241	0,048
A17-A16	8,390	114,08	0,015	69,69	0,20	2,39	74,989	0,112	OK	CUMPLE	0,69	1,648	0,231	0,046
A16-A6	8,649	123,79	0,015	7,76	0,20	0,80	25,016	0,346	OK	CUMPLE	0,92	0,733	0,414	0,083
A28-A27	1,599	95,86	0,015	47,26	0,20	1,97	61,752	0,026	OK	CUMPLE	0,45	0,885	0,108	0,022
A27.1-A27	0,426	56,48	0,015	6,20	0,20	0,71	22,362	0,019	OK	CUMPLE	0,41	0,292	0,093	0,019
A27-A26	2,595	87,68	0,015	206,32	0,20	4,11	129,029	0,020	OK	CUMPLE	0,41	1,685	0,095	0,019
A26.1-A26	0,423	51,65	0,015	271,06	0,20	4,71	147,893	0,003	OK	CUMPLE	0,24	1,130	0,038	0,008
A26-A25	4,181	110,69	0,015	163,97	0,20	3,66	115,028	0,036	OK	CUMPLE	0,49	1,795	0,127	0,025
A25.1-A25	0,234	38,99	0,015	97,46	0,20	2,82	88,682	0,003	OK	CUMPLE	0,24	0,678	0,038	0,008

Continuación de la tabla 25.

Tramo	Gasto de diseño	Longitud	Coef n	Pend.	Diámetro	Sección plena		(Qr/Qc)<1		Velocidad permisible (5-0,60 m/seg)	Vr/Vc*	Vr	H*	H/D
						Vc	Qc	Valor	Cond.					
						(l/s)	(m/s)							
A25-A6	5,000	119,01	0,015	67,64	0,20	2,35	73,880	0,068	OK	CUMPLE	0,59	1,388	0,174	0,035
A6-A5	42,753	149,22	0,015	47,58	0,20	1,97	61,963	0,690	OK	CUMPLE	1,06	2,092	0,620	0,124
A32-A31	3,445	186,28	0,015	24,00	0,20	1,40	44,004	0,078	OK	CUMPLE	0,61	0,855	0,186	0,037
A31-A30	4,211	86,38	0,015	31,84	0,20	1,61	50,685	0,083	OK	CUMPLE	0,62	1,001	0,192	0,038
A30-A29	4,994	60,47	0,015	20,84	0,20	1,31	41,005	0,122	OK	CUMPLE	0,69	0,901	0,231	0,046
A29-A38	5,423	64,15	0,015	21,04	0,20	1,31	41,208	0,132	OK	CUMPLE	0,7	0,919	0,241	0,048
A41.1-A41	0,824	74,59	0,015	18,10	0,20	1,22	38,216	0,022	OK	CUMPLE	0,42	0,511	0,100	0,020
A41-A40	2,591	184,98	0,015	12,92	0,20	1,03	32,289	0,080	OK	CUMPLE	0,61	0,627	0,188	0,038
A40.1-A40	0,769	94,28	0,015	42,00	0,20	1,85	58,218	0,013	OK	CUMPLE	0,36	0,667	0,077	0,015
A40.2-A40	0,562	67,94	0,015	50,49	0,20	2,03	63,827	0,009	OK	CUMPLE	0,33	0,671	0,065	0,013
A40-A39	4,817	87,44	0,015	30,54	0,20	1,58	49,639	0,097	OK	CUMPLE	0,65	1,028	0,207	0,041
A39.1-A39	0,834	95,08	0,015	20,30	0,20	1,29	40,472	0,021	OK	CUMPLE	0,42	0,541	0,098	0,020
A39.2-A39	0,495	65,63	0,015	51,04	0,20	2,04	64,178	0,008	OK	CUMPLE	0,32	0,654	0,061	0,012
A39-A38	6,573	60,40	0,015	12,25	0,20	1,00	31,442	0,209	OK	CUMPLE	0,8	0,801	0,309	0,062
A38.1-A38	0,704	93,26	0,015	9,54	0,20	0,88	27,750	0,025	OK	CUMPLE	0,44	0,389	0,106	0,021
A38-A37	13,191	55,55	0,015	24,30	0,20	1,41	44,284	0,298	OK	CUMPLE	0,88	1,241	0,374	0,075
A37.1-A37	0,702	89,64	0,015	35,48	0,20	1,70	53,503	0,013	OK	CUMPLE	0,36	0,613	0,077	0,015
A37.2-A37	0,363	62,85	0,015	96,58	0,20	2,81	88,280	0,004	OK	CUMPLE	0,26	0,731	0,044	0,009
A37-A36	15,284	97,15	0,015	56,51	0,20	2,15	67,528	0,226	OK	CUMPLE	0,81	1,742	0,316	0,063
A36.1-A36	0,694	91,60	0,015	21,94	0,20	1,34	42,079	0,016	OK	CUMPLE	0,38	0,509	0,086	0,017

Continuación de la tabla 25.

Tramo	Gasto de diseño	Longitud	Coef n	Pend.	Diámetro	Sección plena		(Qr/Qc)<1		Velocidad permisible (5-0,60 m/seg)	Vr/Vc*	Vr	H*	H/D
						Vc	Qc	Valor	Cond.					
						(l/s)	(m/s)							
A36.2-A36	0,430	65,36	0,015	132,50	0,20	3,29	103,400	0,004	OK	CUMPLE	0,26	0,856	0,044	0,009
A36-A35	17,302	88,55	0,015	251,16	0,20	4,53	142,361	0,122	OK	CUMPLE	0,69	3,128	0,231	0,046
A35.1-A35	0,637	90,01	0,015	50,11	0,20	2,03	63,586	0,010	OK	CUMPLE	0,34	0,689	0,068	0,014
A35.2-A35	0,497	69,31	0,015	239,79	0,20	4,43	139,103	0,004	OK	CUMPLE	0,26	1,152	0,044	0,009
A35-A34	19,661	106,88	0,015	131,08	0,20	3,28	102,846	0,191	OK	CUMPLE	0,78	2,555	0,293	0,059
A34.1-A34	0,565	74,67	0,015	4,96	0,20	0,64	19,996	0,028	OK	CUMPLE	0,45	0,287	0,112	0,022
A34-A33	22,640	243,72	0,015	70,41	0,20	2,40	75,376	0,300	OK	CUMPLE	0,88	2,112	0,374	0,075
A33-A5	22,642	4,12	0,015	283,98	0,20	4,82	151,378	0,150	OK	CUMPLE	0,73	3,519	0,259	0,052
A5.3-A5.2	0,901	99,61	0,015	13,55	0,20	1,05	33,070	0,027	OK	CUMPLE	0,45	0,474	0,110	0,022
A5.2-A5.1	2,089	167,98	0,015	17,86	0,20	1,21	37,962	0,055	OK	CUMPLE	0,55	0,665	0,156	0,031
A5.1-A5	2,988	95,12	0,015	78,85	0,20	2,54	79,765	0,037	OK	CUMPLE	0,49	1,245	0,129	0,026
A5-A4	68,917	153,19	0,015	36,56	0,20	1,73	54,312	1,269	COLAPSA	CUMPLE	1,479	2,558	1,066	0,213
A70.1-A70	0,999	172,64	0,015	6,43	0,20	0,73	22,778	0,044	OK	CUMPLE	0,52	0,377	0,140	0,028
A70-A64	2,238	139,05	0,015	22,08	0,20	1,34	42,209	0,053	OK	CUMPLE	0,55	0,739	0,153	0,031
A61.1-A61	0,005	11,00	0,015	36,36	0,20	1,73	54,169	0,000	OK	CUMPLE	0,17	0,293	0,230	0,046
A61-A62	0,452	101,39	0,015	26,14	0,20	1,46	45,924	0,010	OK	CUMPLE	0,34	0,497	0,068	0,014
A62-A63	0,748	62,90	0,015	20,67	0,20	1,30	40,838	0,018	OK	CUMPLE	0,4	0,520	0,091	0,018
A63.1-A63	0,219	37,49	0,015	37,88	0,20	1,76	55,285	0,004	OK	CUMPLE	0,26	0,458	0,044	0,009
A63-A64	1,861	84,21	0,015	49,64	0,20	2,02	63,288	0,029	OK	CUMPLE	0,45	0,907	0,114	0,023
A64-A49	5,467	145,30	0,015	18,86	0,20	1,24	39,009	0,140	OK	CUMPLE	0,72	0,894	0,250	0,050
A49.1-A49	0,769	94,76	0,015	3,48	0,20	0,53	16,763	0,046	OK	NO CUMPLE	0,52	0,278	0,143	0,029

Continuación de la tabla 25.

Tramo	Gasto de diseño	Longitud	Coef n	Pend.	Diámetro	Sección plena		(Qr/Qc)<1		Velocidad permisible (5-0,60 m/seg)	Vr/Vc*	Vr	H*	H/D
						Vc	Qc	Valor	Cond.					
						(l/s)	(m/s)							
A49.3-A49.2	0,419	42,00	0,015	35,71	0,20	1,71	53,683	0,008	OK	CUMPLE	0,32	0,547	0,061	0,012
A49.2-A49	1,192	104,00	0,015	60,00	0,20	2,22	69,582	0,017	OK	CUMPLE	0,39	0,864	0,088	0,018
A49-A48	9,448	188,67	0,015	7,63	0,20	0,79	24,817	0,381	OK	CUMPLE	0,93	0,735	0,426	0,085
A59-A60	0,644	103,63	0,015	13,03	0,20	1,03	32,422	0,020	OK	CUMPLE	0,41	0,423	0,095	0,019
A60-A48	1,150	90,02	0,015	30,77	0,20	1,59	49,830	0,023	OK	CUMPLE	0,43	0,682	0,102	0,020
A48-A47	15,931	88,79	0,015	52,93	0,20	2,08	65,356	0,244	OK	CUMPLE	0,83	1,728	0,331	0,066
A47.1-A47	1,126	170,75	0,015	5,86	0,20	0,69	21,739	0,052	OK	CUMPLE	0,54	0,374	0,152	0,030
A47-A46	17,549	59,15	0,015	5,07	0,20	0,64	20,230	0,867	OK	CUMPLE	1,07	0,689	0,751	0,150
46.1-BV46	1,825	175,37	0,015	7,41	0,20	0,78	24,458	0,075	OK	CUMPLE	0,6	0,467	0,182	0,036
A46-A45	19,865	55,39	0,015	16,97	0,20	1,18	37,006	0,537	OK	CUMPLE	1,02	1,202	0,525	0,105
A45.1-A45	1,575	180,23	0,015	6,66	0,20	0,74	23,179	0,068	OK	CUMPLE	0,59	0,436	0,174	0,035
A45-A44	21,884	95,82	0,015	45,08	0,20	1,92	60,316	0,363	OK	CUMPLE	0,92	1,767	0,414	0,083
A44.1-A44	1,701	178,41	0,015	22,20	0,20	1,35	42,321	0,040	OK	CUMPLE	0,5	0,674	0,134	0,027
A44-A43	24,417	90,46	0,015	39,91	0,20	1,81	56,747	0,430	OK	CUMPLE	0,96	1,735	0,458	0,092
A72.1-A72	0,762	78,30	0,015	17,24	0,20	1,19	37,300	0,020	OK	CUMPLE	0,41	0,487	0,095	0,019
A72-A68	1,860	111,61	0,015	15,68	0,20	1,13	35,570	0,052	OK	CUMPLE	0,54	0,612	0,152	0,030
A69.1-A69	0,416	34,71	0,015	38,89	0,20	1,78	56,022	0,007	OK	CUMPLE	0,3	0,535	0,057	0,011
A69.2-A69	0,290	47,16	0,015	52,16	0,20	2,07	64,878	0,004	OK	CUMPLE	0,26	0,537	0,044	0,009
A69-A68	1,159	103,02	0,015	22,33	0,20	1,35	42,444	0,027	OK	CUMPLE	0,45	0,608	0,110	0,022
A68-A67	3,590	85,67	0,015	37,94	0,20	1,76	55,328	0,065	OK	CUMPLE	0,58	1,022	0,170	0,034
A71.2.1-A71.2	0,953	74,31	0,015	22,88	0,20	1,37	42,965	0,022	OK	CUMPLE	0,42	0,575	0,100	0,020

Continuación de la tabla 25.

Tramo	Gasto de diseño	Longitud	Coef n	Pend.	Diámetro	Sección plena		(Qr/Qc)<1		Velocidad permisible (5-0,60 m/seg)	Vr/Vc*	Vr	H*	H/D
						Vc	Qc	Valor	Cond.					
						(l/s)	(m/s)							
A71.2-A71.1	2,014	169,03	0,015	17,81	0,20	1,21	37,907	0,053	OK	CUMPLE	0,55	0,664	0,153	0,031
A71.1-A71	2,512	70,00	0,015	33,29	0,20	1,65	51,826	0,048	OK	CUMPLE	0,53	0,875	0,145	0,029
A71-A67	3,984	93,50	0,015	17,65	0,20	1,20	37,736	0,106	OK	CUMPLE	0,66	0,793	0,216	0,043
A67-A54	8,219	107,68	0,015	12,54	0,20	1,01	31,807	0,258	OK	CUMPLE	0,85	0,861	0,346	0,069
A58.1-A58	0,007	15,65	0,015	42,17	0,20	1,86	58,336	0,000	OK	CUMPLE	0,17	0,316	0,023	0,005
A58-A57	0,363	38,67	0,015	55,60	0,20	2,13	66,981	0,005	OK	CUMPLE	0,28	0,597	0,049	0,010
A57-A55	0,719	46,88	0,015	28,80	0,20	1,54	48,205	0,015	OK	CUMPLE	0,38	0,583	0,083	0,017
A56-A55	0,224	48,17	0,015	23,04	0,20	1,37	43,121	0,005	OK	CUMPLE	0,28	0,385	0,049	0,010
A55-A54	1,370	61,64	0,015	84,36	0,20	2,63	82,507	0,017	OK	CUMPLE	0,39	1,025	0,088	0,018
A54-A53	10,150	63,74	0,015	19,61	0,20	1,27	39,780	0,255	OK	CUMPLE	0,84	1,064	0,339	0,068
A53.1-A53	0,909	117,92	0,015	56,99	0,20	2,16	67,812	0,013	OK	CUMPLE	0,36	0,777	0,077	0,015
A53-A52	11,482	50,33	0,015	24,84	0,20	1,43	44,767	0,256	OK	CUMPLE	0,85	1,212	0,346	0,069
A66.1-A66	0,365	67,06	0,015	16,55	0,20	1,16	36,547	0,010	OK	CUMPLE	0,34	0,396	0,068	0,014
A66-A65	0,656	50,49	0,015	64,37	0,20	2,30	72,070	0,009	OK	CUMPLE	0,33	0,757	0,065	0,013
A65-A52	1,633	125,26	0,015	89,57	0,20	2,71	85,018	0,019	OK	CUMPLE	0,41	1,110	0,093	0,019
A52-A51	13,753	93,71	0,015	13,87	0,20	1,07	33,458	0,411	OK	CUMPLE	0,95	1,012	0,445	0,089
A51-A50	14,714	91,56	0,015	21,95	0,20	1,34	42,088	0,350	OK	CUMPLE	0,92	1,233	0,407	0,081
A50-A43	19,909	177,95	0,015	99,69	0,20	2,86	89,690	0,222	OK	CUMPLE	0,81	2,314	0,316	0,063
A43-A42	45,418	104,77	0,015	13,74	0,20	1,06	33,303	1,364	COLAPSA	CUMPLE	1,55	1,644	1,117	0,223
A42.1-A42	0,441	90,36	0,015	84,00	0,20	2,62	82,329	0,005	OK	CUMPLE	0,28	0,734	0,049	0,010
A42-A4	49,009	374,04	0,015	19,73	0,20	1,27	39,901	1,228	COLAPSA	CUMPLE	1,479	1,879	1,066	0,213

Continuación de la tabla 25.

Tramo	Gasto de diseño (l/s)	Longitud (m)	Coef n	Pend. (0/00)	Diámetro (m)	Sección plena		(Qr/Qc)<1		Velocidad permisible (5-0,60 m/seg)	Vr/Vc* (adim)	Vr (m/s)	H* (adim)	H/D (m)
						Vc	Qc	Valor	Cond.					
						(l/s)	(m/s)							
A4-A3	119,420	95,88	0,015	85,63	0,20	2,65	83,124	1,437	COLAPSA	CUMPLE	1,49	3,944	1,080	0,216
A3-A2	120,486	180,00	0,015	23,83	0,20	1,40	43,854	2,747	COLAPSA	CUMPLE	3,08	4,302	2,220	0,444
A2.2-A2.1	1,558	142,93	0,015	9,45	0,20	0,88	27,607	0,056	OK	CUMPLE	0,55	0,484	0,158	0,032
A2.1-A2	2,812	170,41	0,015	14,14	0,20	1,08	33,782	0,083	OK	CUMPLE	0,62	0,667	0,192	0,038
A2-A1	124,144	122,36	0,015	11,03	0,20	0,95	29,838	4,161	COLAPSA	CUMPLE	4,962	4,715	3,488	0,698
A1.1-A1	0,794	149,10	0,015	62,98	0,20	2,27	71,287	0,011	OK	CUMPLE	0,35	0,795	0,071	0,014
A1-LO	126,139	332,00	0,015	26,36	0,20	1,47	46,116	2,735	COLAPSA	CUMPLE	3,04	4,465	2,190	0,438

Fuente: Autores.

Tabla 26. Hidráulica de la red 2 de aguas servidas existente en Santa Ana.

Tramo	Gasto de diseño (l/s)	Longitud (m)	Coef n	Pend. (0/00)	Diámetro (m)	Sección plena		(Qr/Qc)<1		Condición velocidad permisible (5-0,60 m/seg)	Vr/Vc* (adim)	Vr (m/s)	H* (adim)	H/D (m)
						Vc	Qc	Valor	Cond.					
						(l/s)	(m/s)							
C4.2-C4.1	0,243	89,00	0,015	44,94	0,20	1,92	60,222	0,004	OK	CUMPLE	0,26	0,499	0,044	0,009
C4.1-C4	0,814	89,00	0,015	11,00	0,20	0,95	29,793	0,027	OK	CUMPLE	0,45	0,427	0,110	0,022
C4-C3	1,034	40,00	0,015	8,25	0,20	0,82	25,802	0,040	OK	CUMPLE	0,50	0,411	0,134	0,027
C3.2-C3.1	0,572	89,00	0,015	46,07	0,20	1,94	60,970	0,009	OK	CUMPLE	0,33	0,641	0,065	0,013
C3.1-C3	1,143	89,00	0,015	13,58	0,20	1,05	33,108	0,035	OK	CUMPLE	0,48	0,506	0,125	0,025
C3-C2	2,331	40,00	0,015	33,75	0,20	1,66	52,186	0,045	OK	CUMPLE	0,52	0,864	0,141	0,028

Continuación de la tabla 26.

Tramo	Gasto de diseño (l/s)	Longitud (m)	Coef n	Pend. (0/00)	Diámetro (m)	Sección plena		(Qr/Qc)<1		Condición velocidad permisible (5-0,60 m/seg)	Vr/Vc* (adim)	Vr (m/s)	H* (adim)	H/D (m)
						Vc (l/s)	Qc (m/s)	Valor	Cond.					
C2.2-C2.1	0,572	89,00	0,015	35,96	0,20	1,72	53,864	0,011	OK	CUMPLE	0,35	0,600	0,071	0,014
C2.1-C2	1,143	89,00	0,015	16,39	0,20	1,16	36,371	0,031	OK	CUMPLE	0,47	0,544	0,118	0,024
C2-C1	3,627	40,00	0,015	15,00	0,20	1,11	34,791	0,104	OK	CUMPLE	0,65	0,720	0,211	0,042
C1.2-C1.1	0,243	89,00	0,015	11,24	0,20	0,96	30,111	0,008	OK	CUMPLE	0,32	0,307	0,061	0,012
C1.1-C1	0,814	89,00	0,015	11,90	0,20	0,99	30,986	0,026	OK	CUMPLE	0,45	0,444	0,108	0,022
C1-FP	4,523	29,58	0,015	33,81	0,20	1,66	52,230	0,087	OK	CUMPLE	0,63	1,048	0,196	0,039

Fuente: Autores.

Tabla 27. Hidráulica de la red 3 de aguas servidas existente en Santa Ana.

Tramo	Gasto de diseño (l/s)	Longitud (m)	Coef n	Pend. (0/00)	Diámetro (m)	Sección plena		(Qr/Qc)<1		Condición velocidad permisible (5-0,60 m/seg)	Vr/Vc* (adim)	Vr (m/s)	H* (adim)	H/D (m)
						Vc (l/s)	Qc (m/s)	Valor	Cond.					
D6.1-D6	0,913	125,78	0,015	34,50	0,20	1,68	52,766	0,017	OK	CUMPLE	0,39	0,655	0,088	0,018
D6.2.1-D6.2	0,149	30,33	0,015	98,91	0,20	2,85	89,339	0,002	OK	CUMPLE	0,21	0,597	0,032	0,006
D6.2-D6	1,041	82,21	0,015	24,33	0,20	1,41	44,307	0,024	OK	CUMPLE	0,43	0,607	0,104	0,021
D6-D5	2,243	46,30	0,015	29,16	0,20	1,54	48,506	0,046	OK	CUMPLE	0,52	0,803	0,143	0,029
D5.1-D5	0,902	101,80	0,015	23,08	0,20	1,37	43,160	0,021	OK	CUMPLE	0,42	0,577	0,098	0,020
D5.2-D5	0,971	112,01	0,015	65,62	0,20	2,32	72,767	0,013	OK	CUMPLE	0,36	0,834	0,077	0,015

Continuación de la tabla 27.

Tramo	Gasto de diseño (l/s)	Longitud (m)	Coef n	Pend. (0/00)	Diámetro (m)	Sección plena		(Qr/Qc)<1		Condición velocidad permisible (5-0,60 m/seg)	Vr/Vc* (adim)	Vr (m/s)	H* (adim)	H/D (m)
						Vc (l/s)	Qc (m/s)	Valor	Cond.					
D5-D4	4,808	70,00	0,015	19,29	0,20	1,26	39,449	0,122	OK	CUMPLE	0,69	0,867	0,231	0,046
D4.1-D4	0,902	102,56	0,015	36,08	0,20	1,72	53,955	0,017	OK	CUMPLE	0,39	0,670	0,088	0,018
D4.2-D4	0,711	109,25	0,015	75,06	0,20	2,48	77,824	0,009	OK	CUMPLE	0,33	0,818	0,065	0,013
D4-D3	6,913	57,52	0,015	17,39	0,20	1,19	37,455	0,185	OK	CUMPLE	0,77	0,918	0,289	0,058
D3.3-D3.2	0,760	75,60	0,015	17,86	0,20	1,21	37,960	0,020	OK	CUMPLE	0,41	0,496	0,095	0,019
D3.2-D3.1	1,382	57,52	0,015	23,47	0,20	1,39	43,519	0,032	OK	CUMPLE	0,47	0,651	0,120	0,024
D3.1-D3	2,156	103,69	0,015	19,29	0,20	1,26	39,452	0,055	OK	CUMPLE	0,55	0,691	0,156	0,031
D3-D2	9,622	50,00	0,015	60,00	0,20	2,22	69,582	0,138	OK	CUMPLE	0,72	1,595	0,250	0,050
D2.3.1-D2.3	0,638	91,50	0,015	14,75	0,20	1,10	34,504	0,018	OK	CUMPLE	0,4	0,440	0,091	0,018
D2.3-D2.2	1,469	88,96	0,015	5,62	0,20	0,68	21,296	0,069	OK	CUMPLE	0,59	0,400	0,175	0,035
D2.2-D2.1	2,168	82,58	0,015	89,61	0,20	2,71	85,035	0,025	OK	CUMPLE	0,44	1,192	0,106	0,021
D2.1-D2	2,882	116,24	0,015	2,92	0,20	0,49	15,363	0,188	OK	NO CUMPLE	0,78	0,382	0,293	0,059
D2-D1	12,792	44,40	0,015	30,41	0,20	1,58	49,533	0,258	OK	CUMPLE	0,85	1,341	0,346	0,069
D10.1-D10	0,571	87,93	0,015	15,35	0,20	1,12	35,198	0,016	OK	CUMPLE	0,38	0,426	0,086	0,017
D10-D9	1,420	127,30	0,015	10,60	0,20	0,93	29,253	0,049	OK	CUMPLE	0,53	0,494	0,148	0,030
D9-D8	2,175	203,94	0,015	6,62	0,20	0,74	23,112	0,094	OK	CUMPLE	0,64	0,471	0,204	0,041
D8-D7	2,811	88,28	0,015	15,29	0,20	1,12	35,128	0,080	OK	CUMPLE	0,61	0,682	0,188	0,038
D7.1-D7	1,245	152,85	0,015	61,50	0,20	2,24	70,445	0,018	OK	CUMPLE	0,4	0,897	0,091	0,018
D7-D1	4,279	44,47	0,015	120,31	0,20	3,14	98,528	0,043	OK	CUMPLE	0,51	1,600	0,138	0,028
D1-PF	16,579	39,27	0,015	34,38	0,20	1,68	52,669	0,315	OK	CUMPLE	0,89	1,493	0,387	0,077

Fuente: Autores.

Por otro lado, en los análisis está incluido la evaluación del tiempo que la red estará en operación expuesta a carga y al medio ambiente. Han pasado 21 años desde que inició el servicio del sistema de alcantarillado en Santa Ana destacando en el análisis anterior el colapso de 7 tramos. Sin embargo, los resultados de la vida útil de las tuberías de concreto con antigüedad menor a 40 años determinaron la necesidad de reemplazo de 8 tramos que no cumplen con el criterio para el año 2040 subrayados de color amarillo en las tablas 28, 29 y 30. Conviene destacar, la falta de mantenimiento preventivo en el sistema disminuye aún más la capacidad hidráulica de la red, ocasionando una latente obstrucción de las tuberías.

Tabla 28. Hidráulica de la vida útil de los colectores de la red central para el año 2040.

Tramo	Gasto de diseño (l/s)	Longitud (m)	Coef n	Pend. (0/00)	Diámetro (m)	Sección plena		(Qr/Qc)<1		Velocidad permisible (5-0,60 m/seg)	Vr/Vc* (adim)	Vr (m/s)	H*	H/D (m)
						Vc	Qc	Valor	Cond.					
						(l/s)	(m/s)							
B9-B8	3,349	198,51	0,015	45,34	0,20	1,93	60,485	0,055	OK	CUMPLE	0,550	1,059	0,156	0,031
B8-B7	6,313	175,00	0,015	5,71	0,20	0,68	21,473	0,294	OK	CUMPLE	0,870	0,595	0,367	0,073
B7-B6	10,169	202,67	0,015	4,93	0,20	0,64	19,954	0,510	OK	CUMPLE	1,000	0,635	0,506	0,101
B6.9.1-B6.9	0,325	94,00	0,015	14,36	0,20	1,08	34,042	0,010	OK	CUMPLE	0,340	0,369	0,068	0,014
B6.9-B6.8	0,629	40,00	0,015	57,50	0,20	2,17	68,116	0,009	OK	CUMPLE	0,330	0,716	0,065	0,013
B6.8.1-B6.8	0,792	94,00	0,015	42,13	0,20	1,86	58,304	0,014	OK	CUMPLE	0,370	0,687	0,800	0,160
B6.8-B6.7	1,725	40,00	0,015	1,50	0,20	0,35	11,002	0,157	OK	NO CUMPLE	0,740	0,259	0,268	0,054
B6.7.1-B6.7	0,792	94,00	0,015	46,70	0,20	1,96	61,388	0,013	OK	CUMPLE	0,360	0,704	0,077	0,015
B6.7-B6.6	2,862	40,00	0,015	1,00	0,20	0,29	8,983	0,319	OK	NO CUMPLE	0,890	0,255	0,387	0,077
B6.6.1-B6.6	0,792	94,00	0,015	59,04	0,20	2,20	69,024	0,011	OK	CUMPLE	0,350	0,769	0,071	0,014
B6.6-B6.5	3,938	40,00	0,015	5,00	0,20	0,64	20,086	0,196	OK	CUMPLE	0,780	0,499	0,297	0,059
B6.5.1-B6.5	0,792	94,00	0,015	73,94	0,20	2,46	77,241	0,010	OK	CUMPLE	0,340	0,836	0,068	0,014
B6.5-B6.4	4,993	40,00	0,015	47,50	0,20	1,97	61,911	0,081	OK	CUMPLE	0,620	1,222	0,189	0,038
B6.4.1-B6.4	0,792	94,00	0,015	40,96	0,20	1,83	57,489	0,014	OK	CUMPLE	0,370	0,677	0,080	0,016
B6.4-B6.3	6,069	40,00	0,015	62,50	0,20	2,26	71,016	0,085	OK	CUMPLE	0,620	1,402	0,194	0,039
B6.3.1-B6.3	0,406	94,00	0,015	17,55	0,20	1,20	37,635	0,011	OK	CUMPLE	0,350	0,420	0,071	0,014
B6.3-B6.2	6,739	35,00	0,015	38,57	0,20	1,78	55,789	0,121	OK	CUMPLE	0,690	1,226	0,231	0,046
B6.2-B6.1	7,571	70,88	0,015	84,65	0,20	2,63	82,648	0,092	OK	CUMPLE	0,640	1,685	0,202	0,040
B6.1-B6	8,464	129,57	0,015	23,15	0,20	1,38	43,224	0,196	OK	CUMPLE	0,780	1,074	0,297	0,059
B6-B5	19,791	84,00	0,015	71,43	0,20	2,42	75,920	0,261	OK	CUMPLE	0,850	2,055	0,346	0,069
B5-B4	22,023	160,54	0,015	43,60	0,20	1,89	59,317	0,371	OK	CUMPLE	0,930	1,757	0,420	0,084

Continuación de la tabla 28.

Tramo	Gasto de diseño (l/s)	Longitud (m)	Coef n	Pend. (0/00)	Diámetro (m)	Sección plena		(Qr/Qc)<1		Velocidad permisible (5-0,60 m/seg)	Vr/Vc* (adim)	Vr (m/s)	H*	H/D (m)
						Vc	Qc	Valor	Cond.					
						(l/s)	(m/s)							
B4-B3	24,845	185,99	0,015	7,26	0,20	0,77	24,201	1,027	COLAPSA	CUMPLE	1,000	0,771	1,000	0,200
B3-B2	25,576	56,17	0,015	24,03	0,20	1,40	44,039	0,581	OK	CUMPLE	1,030	1,445	0,550	0,110
B2-B1	28,133	148,84	0,015	9,07	0,20	0,86	27,054	1,040	COLAPSA	CUMPLE	1,138	0,980	0,820	0,164
B1-A15	29,615	121,65	0,015	21,04	0,20	1,31	41,208	0,719	OK	CUMPLE	1,070	1,404	0,640	0,128
A15.1-A15	0,264	42,67	0,015	3,98	0,20	0,57	17,930	0,015	OK	NO CUMPLE	0,380	0,217	0,083	0,017
A15-A14	30,285	65,47	0,015	51,17	0,20	2,05	64,257	0,471	OK	CUMPLE	0,990	2,026	0,492	0,098
A14,1-A14	0,426	49,57	0,015	63,95	0,20	2,29	71,835	0,006	OK	CUMPLE	0,290	0,663	0,053	0,011
A14-A13	31,320	116,62	0,015	11,58	0,20	0,97	30,563	1,025	COLAPSA	CUMPLE	1,000	0,973	1,000	0,200
A13,1-A13	0,365	57,14	0,015	99,58	0,20	2,85	89,640	0,004	OK	CUMPLE	0,260	0,742	0,044	0,009
A13-A12	32,193	83,63	0,015	27,86	0,20	1,51	47,415	0,679	OK	CUMPLE	1,060	1,601	0,613	0,123
A12,1-A12	0,264	59,73	0,015	88,40	0,20	2,69	84,458	0,003	OK	CUMPLE	0,240	0,646	0,038	0,008
A12-A11	32,721	59,11	0,015	106,92	0,20	2,96	92,885	0,352	OK	CUMPLE	0,920	2,721	0,407	0,081
A11.1-A11	0,284	60,11	0,015	49,24	0,20	2,01	63,036	0,005	OK	CUMPLE	0,280	0,562	0,049	0,010
A11.3-A11.2	0,386	46,36	0,015	29,12	0,20	1,54	48,475	0,008	OK	CUMPLE	0,320	0,494	0,061	0,012
A11.2-A11	2,030	128,16	0,015	68,74	0,20	2,37	74,478	0,027	OK	CUMPLE	0,450	1,067	0,110	0,022
A11-A10	35,278	59,50	0,015	20,17	0,20	1,28	40,341	0,874	OK	CUMPLE	1,070	1,375	0,756	0,151
A10.2-A10.1	0,345	46,36	0,015	125,11	0,20	3,20	100,476	0,003	OK	CUMPLE	0,240	0,768	0,038	0,008
A10.1-A10	1,807	128,16	0,015	4,21	0,20	0,59	18,439	0,098	OK	NO CUMPLE	0,650	0,382	0,208	0,042
A10-A9	37,491	94,08	0,015	31,99	0,20	1,62	50,810	0,738	OK	CUMPLE	1,070	1,731	0,646	0,129
A9.1-A9	0,426	58,70	0,015	127,09	0,20	3,23	101,267	0,004	OK	CUMPLE	0,260	0,839	0,044	0,009
A9-A8	38,343	89,75	0,015	36,43	0,20	1,73	54,222	0,707	OK	CUMPLE	1,060	1,830	0,633	0,127
A8,1-A8	0,365	57,81	0,015	250,30	0,20	4,53	142,119	0,003	OK	CUMPLE	0,240	1,086	0,038	0,008

Continuación de la tabla 28.

Tramo	Gasto de diseño (l/s)	Longitud (m)	Coef n	Pend. (0/00)	Diámetro (m)	Sección plena		(Qr/Qc)<1		Velocidad permisible (5-0,60 m/seg)	Vr/Vc* (adim)	Vr (m/s)	H*	H/D (m)
						Vc	Qc	Valor	Cond.					
						(l/s)	(m/s)							
A8-A7	39,541	121,53	0,015	42,29	0,20	1,86	58,420	0,677	OK	CUMPLE	1,060	1,972	0,613	0,123
A7.1-A7	0,284	54,84	0,015	212,62	0,20	4,17	130,984	0,002	OK	CUMPLE	0,210	0,876	0,032	0,006
A7-A6	40,292	145,89	0,015	50,79	0,20	2,04	64,020	0,629	OK	CUMPLE	1,050	2,141	0,581	0,116
A24.1-A24	0,223	75,49	0,015	17,88	0,20	1,21	37,987	0,006	OK	CUMPLE	0,290	0,351	0,053	0,011
A24-A23	0,426	65,80	0,015	0,15	0,20	0,11	3,502	0,122	OK	NO CUMPLE	0,690	0,077	0,231	0,046
A23-A22	1,360	117,97	0,015	11,44	0,20	0,97	30,388	0,045	OK	CUMPLE	0,520	0,503	0,141	0,028
A22.1-A22	0,345	63,83	0,015	112,49	0,20	3,03	95,273	0,004	OK	CUMPLE	0,260	0,789	0,044	0,009
A22-A21	2,334	85,60	0,015	22,43	0,20	1,35	42,543	0,055	OK	CUMPLE	0,550	0,745	156,000	31,200
A21.1-A21	0,264	60,90	0,015	41,22	0,20	1,84	57,670	0,005	OK	CUMPLE	0,280	0,514	0,049	0,010
A21-A20	3,024	58,58	0,015	68,28	0,20	2,36	74,229	0,041	OK	CUMPLE	0,510	1,206	0,135	0,027
A20-A19	3,248	57,89	0,015	27,29	0,20	1,49	46,929	0,069	OK	CUMPLE	0,590	0,882	0,175	0,035
A19.1-A19	0,264	59,86	0,015	53,79	0,20	2,10	65,884	0,004	OK	CUMPLE	0,260	0,546	0,044	0,009
A19-A18	4,445	95,58	0,015	13,50	0,20	1,05	33,001	0,135	OK	CUMPLE	0,710	0,746	0,245	0,049
A18-A17	5,034	88,75	0,015	42,14	0,20	1,86	58,314	0,086	OK	CUMPLE	0,630	1,170	0,195	0,039
A17-A16	5,846	114,08	0,015	69,69	0,20	2,39	74,989	0,078	OK	CUMPLE	0,610	1,457	0,186	0,037
A16-A6	6,089	123,79	0,015	7,76	0,20	0,80	25,016	0,243	OK	CUMPLE	0,830	0,661	0,331	0,066
A28-A27	0,832	95,86	0,015	47,26	0,20	1,97	61,752	0,013	OK	CUMPLE	0,360	0,708	0,077	0,015
A27.1-A27	0,203	56,48	0,015	6,20	0,20	0,71	22,362	0,009	OK	CUMPLE	0,330	0,235	0,065	0,013
A27-A26	1,664	87,68	0,015	206,32	0,20	4,11	129,029	0,013	OK	CUMPLE	0,360	1,479	0,077	0,015
A26.1-A26	0,203	51,65	0,015	271,06	0,20	4,71	147,893	0,001	OK	CUMPLE	0,170	0,801	0,023	0,005
A26-A25	2,436	110,69	0,015	163,97	0,20	3,66	115,028	0,021	OK	CUMPLE	0,420	1,539	0,098	0,020
A25.1-A25	0,203	38,99	0,015	97,46	0,20	2,82	88,682	0,002	OK	CUMPLE	0,210	0,593	0,032	0,006

Continuación de la tabla 28.

Tramo	Gasto de diseño (l/s)	Longitud (m)	Coef n	Pend. (0/00)	Diámetro (m)	Sección plena		(Qr/Qc)<1		Velocidad permisible (5-0,60 m/seg)	Vr/Vc*	Vr (m/s)	H*	H/D (m)
						Vc	Qc	Valor	Cond.					
						(l/s)	(m/s)							
A25-A6	2,862	119,01	0,015	67,64	0,20	2,35	73,880	0,039	OK	CUMPLE	0,500	1,176	0,132	0,026
A6-A5	50,502	149,22	0,015	47,58	0,20	1,97	61,963	0,815	OK	CUMPLE	1,080	2,131	0,709	0,142
A32-A31	2,233	186,28	0,015	24,00	0,20	1,40	44,004	0,051	OK	CUMPLE	0,540	0,757	0,151	0,030
A31-A30	3,024	86,38	0,015	31,84	0,20	1,61	50,685	0,060	OK	CUMPLE	0,570	0,920	0,163	0,033
A30-A29	3,430	60,47	0,015	20,84	0,20	1,31	41,005	0,084	OK	CUMPLE	0,620	0,810	0,193	0,039
A29-A38	3,816	64,15	0,015	21,04	0,20	1,31	41,208	0,093	OK	CUMPLE	0,640	0,840	0,203	0,041
A41.1-A41	0,467	74,59	0,015	18,10	0,20	1,22	38,216	0,012	OK	CUMPLE	0,360	0,438	0,074	0,015
A41-A40	2,172	184,98	0,015	12,92	0,20	1,03	32,289	0,067	OK	CUMPLE	0,580	0,596	0,172	0,034
A40.1-A40	0,386	94,28	0,015	42,00	0,20	1,85	58,218	0,007	OK	CUMPLE	0,300	0,556	0,057	0,011
A40.2-A40	0,731	67,94	0,015	50,49	0,20	2,03	63,827	0,011	OK	CUMPLE	0,350	0,711	0,071	0,014
A40-A39	3,999	87,44	0,015	30,54	0,20	1,58	49,639	0,081	OK	CUMPLE	0,620	0,980	0,189	0,038
A39.1-A39	0,304	95,08	0,015	20,30	0,20	1,29	40,472	0,008	OK	CUMPLE	0,320	0,412	0,061	0,012
A39.2-A39	0,589	65,63	0,015	51,04	0,20	2,04	64,178	0,009	OK	CUMPLE	0,330	0,674	0,065	0,013
A39-A38	5,196	60,40	0,015	12,25	0,20	1,00	31,442	0,165	OK	CUMPLE	0,750	0,751	0,272	0,054
A38.1-A38	0,548	93,26	0,015	9,54	0,20	0,88	27,750	0,020	OK	CUMPLE	0,410	0,362	0,095	0,019
A38-A37	9,865	55,55	0,015	24,30	0,20	1,41	44,284	0,223	OK	CUMPLE	0,810	1,142	0,316	0,063
A37.1-A37	0,548	89,64	0,015	35,48	0,20	1,70	53,503	0,010	OK	CUMPLE	0,340	0,579	0,068	0,014
A37.2-A37	0,304	62,85	0,015	96,58	0,20	2,81	88,280	0,003	OK	CUMPLE	0,240	0,675	0,038	0,008
A37-A36	11,347	97,15	0,015	56,51	0,20	2,15	67,528	0,168	OK	CUMPLE	0,760	1,634	0,276	0,055
A36.1-A36	0,670	91,60	0,015	21,94	0,20	1,34	42,079	0,016	OK	CUMPLE	0,380	0,509	0,086	0,017
A36.2-A36	0,304	65,36	0,015	132,50	0,20	3,29	103,400	0,003	OK	CUMPLE	0,240	0,790	0,038	0,008
A36-A35	12,889	88,55	0,015	251,16	0,20	4,53	142,361	0,091	OK	CUMPLE	0,640	2,902	0,201	0,040

Continuación de la tabla 28.

Tramo	Gasto de diseño (l/s)	Longitud (m)	Coef n	Pend. (0/00)	Diámetro (m)	Sección plena		(Qr/Qc)<1		Velocidad permisible (5-0,60 m/seg)	Vr/Vc*	Vr (m/s)	H*	H/D (m)
						Vc	Qc	Valor	Cond.					
						(l/s)	(m/s)							
A35.1-A35	0,548	90,01	0,015	50,11	0,20	2,03	63,586	0,009	OK	CUMPLE	0,330	0,668	0,065	0,013
A35.2-A35	0,304	69,31	0,015	239,79	0,20	4,43	139,103	0,002	OK	CUMPLE	0,210	0,930	0,032	0,006
A35-A34	14,574	106,88	0,015	131,08	0,20	3,28	102,846	0,142	OK	CUMPLE	0,720	2,358	0,250	0,050
A34.1-A34	0,386	74,67	0,015	4,96	0,20	0,64	19,996	0,019	OK	CUMPLE	0,410	0,261	0,093	0,019
A34-A33	17,314	243,72	0,015	70,41	0,20	2,40	75,376	0,230	OK	CUMPLE	0,820	1,968	0,324	0,065
A33-A5	17,323	4,12	0,015	283,98	0,20	4,82	151,378	0,114	OK	CUMPLE	0,670	3,230	0,221	0,044
A5.3-A5.2	0,812	99,61	0,015	13,55	0,20	1,05	33,070	0,025	OK	CUMPLE	0,440	0,463	0,106	0,021
A5.2-A5.1	2,537	167,98	0,015	17,86	0,20	1,21	37,962	0,067	OK	CUMPLE	0,580	0,701	0,172	0,034
A5.1-A5	3,654	95,12	0,015	78,85	0,20	2,54	79,765	0,046	OK	CUMPLE	0,520	1,321	0,143	0,029
A5-A4	73,256	153,19	0,015	36,56	0,20	1,73	54,312	1,349	COLAPSA	CUMPLE	1,030	1,782	0,556	0,111
A70.1-A70	1,522	172,64	0,015	6,43	0,20	0,73	22,778	0,067	OK	CUMPLE	0,580	0,421	0,172	0,034
A70-A64	2,943	139,05	0,015	22,08	0,20	1,34	42,209	0,070	OK	CUMPLE	0,590	0,793	0,176	0,035
A61.1-A61	0,010	11,00	0,015	36,36	0,20	1,73	54,169	0,000	OK	CUMPLE	0,170	0,293	0,023	0,005
A61-A62	0,457	101,39	0,015	26,14	0,20	1,46	45,924	0,010	OK	CUMPLE	0,340	0,497	0,068	0,014
A62-A63	0,822	62,90	0,015	20,67	0,20	1,30	40,838	0,020	OK	CUMPLE	0,410	0,533	0,095	0,019
A63.1-A63	0,325	37,49	0,015	37,88	0,20	1,76	55,285	0,006	OK	CUMPLE	0,290	0,511	0,053	0,011
A63-A64	1,553	84,21	0,015	49,64	0,20	2,02	63,288	0,025	OK	CUMPLE	0,440	0,887	0,106	0,021
A64-A49	5,287	145,30	0,015	18,86	0,20	1,24	39,009	0,136	OK	CUMPLE	0,710	0,882	0,245	0,049
A49.1-A49	0,731	94,76	0,015	3,48	0,20	0,53	16,763	0,044	OK	NO CUMPLE	0,520	0,278	0,140	0,028
A49.3-A49.2	0,345	42,00	0,015	35,71	0,20	1,71	53,683	0,006	OK	CUMPLE	0,290	0,496	0,053	0,011
A49.2-A49	1,035	104,00	0,015	60,00	0,20	2,22	69,582	0,015	OK	CUMPLE	0,380	0,842	0,083	0,017
A49-A48	8,515	188,67	0,015	7,63	0,20	0,79	24,817	0,343	OK	CUMPLE	0,910	0,719	0,401	0,080

Continuación de la tabla 28.

Tramo	Gasto de diseño (l/s)	Longitud (m)	Coef n	Pend. (0/00)	Diámetro (m)	Sección plena		(Qr/Qc)<1		Velocidad permisible (5-0,60 m/seg)	Vr/Vc*	Vr (m/s)	H*	H/D (m)
						Vc	Qc	Valor	Cond.					
						(l/s)	(m/s)							
A59-A60	0,386	103,63	0,015	13,03	0,20	1,03	32,422	0,012	OK	CUMPLE	0,360	0,372	0,074	0,015
A60-A48	1,157	90,02	0,015	30,77	0,20	1,59	49,830	0,023	OK	CUMPLE	0,430	0,682	0,102	0,020
A48-A47	10,118	88,79	0,015	52,93	0,20	2,08	65,356	0,155	OK	CUMPLE	0,740	1,540	0,263	0,053
A47.1-A47	1,421	170,75	0,015	5,86	0,20	0,69	21,739	0,065	OK	CUMPLE	0,580	0,402	0,170	0,034
A47-A46	11,844	59,15	0,015	5,07	0,20	0,64	20,230	0,585	OK	CUMPLE	1,030	0,664	0,550	0,110
46.1-BV46	1,299	175,37	0,015	7,41	0,20	0,78	24,458	0,053	OK	CUMPLE	0,550	0,428	0,153	0,031
A46-A45	13,407	55,39	0,015	16,97	0,20	1,18	37,006	0,362	OK	CUMPLE	0,920	1,084	0,414	0,083
A45.1-A45	1,238	180,23	0,015	6,66	0,20	0,74	23,179	0,053	OK	CUMPLE	0,550	0,406	0,153	0,031
A45-A44	15,193	95,82	0,015	45,08	0,20	1,92	60,316	0,252	OK	CUMPLE	0,840	1,614	0,339	0,068
A44.1-A44	2,233	178,41	0,015	22,20	0,20	1,35	42,321	0,053	OK	CUMPLE	0,550	0,741	0,153	0,031
A44-A43	18,096	90,46	0,015	39,91	0,20	1,81	56,747	0,319	OK	CUMPLE	0,890	1,608	0,387	0,077
A72.1-A72	0,548	78,30	0,015	17,24	0,20	1,19	37,300	0,015	OK	CUMPLE	0,380	0,451	0,083	0,017
A72-A68	1,299	111,61	0,015	15,68	0,20	1,13	35,570	0,037	OK	CUMPLE	0,490	0,555	0,129	0,026
A69.1-A69	0,244	34,71	0,015	38,89	0,20	1,78	56,022	0,004	OK	CUMPLE	0,260	0,464	0,044	0,009
A69.2-A69	0,203	47,16	0,015	52,16	0,20	2,07	64,878	0,003	OK	CUMPLE	0,240	0,496	0,038	0,008
A69-A68	1,076	103,02	0,015	22,33	0,20	1,35	42,444	0,025	OK	CUMPLE	0,440	0,595	0,106	0,021
A68-A67	3,085	85,67	0,015	37,94	0,20	1,76	55,328	0,056	OK	CUMPLE	0,550	0,969	0,158	0,032
A71.2.1-A71.2	0,548	74,31	0,015	22,88	0,20	1,37	42,965	0,013	OK	CUMPLE	0,360	0,493	0,077	0,015
A71.2-A71.1	1,624	169,03	0,015	17,81	0,20	1,21	37,907	0,043	OK	CUMPLE	0,510	0,616	0,138	0,028
A71.1-A71	2,091	70,00	0,015	33,29	0,20	1,65	51,826	0,040	OK	CUMPLE	0,500	0,825	0,134	0,027
A71-A67	3,430	93,50	0,015	17,65	0,20	1,20	37,736	0,091	OK	CUMPLE	0,640	0,769	0,201	0,040
A67-A54	7,226	107,68	0,015	12,54	0,20	1,01	31,807	0,227	OK	CUMPLE	0,820	0,831	0,324	0,065

Continuación de la tabla 28.

Tramo	Gasto de diseño (l/s)	Longitud (m)	Coef n	Pend. (0/00)	Diámetro (m)	Sección plena		(Qr/Qc)<1		Velocidad permisible (5-0,60 m/seg)	Vr/Vc* (adim)	Vr (m/s)	H*	H/D (m)
						Vc	Qc	Valor	Cond.					
						(l/s)	(m/s)							
A58.1-A58	0,203	15,65	0,015	42,17	0,20	1,86	58,336	0,003	OK	CUMPLE	0,240	0,446	0,038	0,008
A58-A57	0,406	38,67	0,015	55,60	0,20	2,13	66,981	0,006	OK	CUMPLE	0,290	0,619	0,053	0,011
A57-A55	0,670	46,88	0,015	28,80	0,20	1,54	48,205	0,014	OK	CUMPLE	0,370	0,568	0,080	0,016
A56-A55	0,203	48,17	0,015	23,04	0,20	1,37	43,121	0,005	OK	CUMPLE	0,280	0,385	0,049	0,010
A55-A54	1,198	61,64	0,015	84,36	0,20	2,63	82,507	0,015	OK	CUMPLE	0,380	0,998	0,083	0,017
A54-A53	8,830	63,74	0,015	19,61	0,20	1,27	39,780	0,222	OK	CUMPLE	0,810	1,026	0,316	0,063
A53.1-A53	0,832	117,92	0,015	56,99	0,20	2,16	67,812	0,012	OK	CUMPLE	0,360	0,777	0,074	0,015
A53-A52	10,068	50,33	0,015	24,84	0,20	1,43	44,767	0,225	OK	CUMPLE	0,810	1,155	0,316	0,063
A66.1-A66	0,386	67,06	0,015	16,55	0,20	1,16	36,547	0,011	OK	CUMPLE	0,350	0,407	0,071	0,014
A66-A65	0,589	50,49	0,015	64,37	0,20	2,30	72,070	0,008	OK	CUMPLE	0,320	0,734	0,061	0,012
A65-A52	1,522	125,26	0,015	89,57	0,20	2,71	85,018	0,018	OK	CUMPLE	0,400	1,083	0,091	0,018
A52-A51	12,219	93,71	0,015	13,87	0,20	1,07	33,458	0,365	OK	CUMPLE	0,920	0,980	0,414	0,083
A51-A50	12,910	91,56	0,015	21,95	0,20	1,34	42,088	0,307	OK	CUMPLE	0,890	1,193	0,381	0,076
A50-A43	14,533	177,95	0,015	99,69	0,20	2,86	89,690	0,162	OK	CUMPLE	0,740	2,114	0,268	0,054
A43-A42	33,542	104,77	0,015	13,74	0,20	1,06	33,303	1,007	COLAPSA	CUMPLE	1,000	1,061	1,000	0,200
A42.1-A42	0,386	90,36	0,015	84,00	0,20	2,62	82,329	0,005	OK	CUMPLE	0,260	0,682	0,049	0,010
A42-A4	36,303	374,04	0,015	19,73	0,20	1,27	39,901	0,910	OK	CUMPLE	1,070	1,360	0,797	0,159
A4-A3	110,684	95,88	0,015	85,63	0,20	2,65	83,124	1,332	COLAPSA	CUMPLE	1,490	3,944	1,080	0,216
A3-A2	112,348	180,00	0,015	23,83	0,20	1,40	43,854	2,562	COLAPSA	CUMPLE	2,868	4,006	2,066	0,413
A2.2-A2.1	4,486	142,93	0,015	9,45	0,20	0,88	27,607	0,162	OK	CUMPLE	0,740	0,651	0,268	0,054
A2.1-A2	7,348	170,41	0,015	14,14	0,20	1,08	33,782	0,218	OK	CUMPLE	0,810	0,871	0,316	0,063
A2-A1	120,630	122,36	0,015	11,03	0,20	0,95	29,838	4,043	COLAPSA	CUMPLE	4,533	4,307	3,266	0,653

Continuación de la tabla 28.

Tramo	Gasto de diseño (l/s)	Longitud (m)	Coef n	Pend. (0/00)	Diámetro (m)	Sección plena		(Qr/Qc)<1		Velocidad permisible (5-0,60 m/seg)	Vr/Vc* (adim)	Vr (m/s)	H*	H/D (m)
						Vc	Qc	Valor	Cond.					
						(l/s)	(m/s)							
A1.1-A1	0,995	149,10	0,015	62,98	0,20	2,27	71,287	0,014	OK	CUMPLE	0,370	0,840	0,080	0,016
A1-LO	123,452	332,00	0,015	26,36	0,20	1,47	46,116	2,677	COLAPSA	CUMPLE	3,040	4,465	2,190	0,438

Fuente: Autores.

Tabla 29. Hidráulica de la red 2 para el año 2040.

Tramo	Área (Ha)	Gasto de diseño (l/s)	Longitud (m)	Coef n	Pend. (0/00)	Diámetro (m)	Sección plena		(Qr/Qc)<1		Condición velocidad permisible (5-0,60 m/seg)	Vr/Vc* (adim)	Vr (m/s)	H*	H/D (m)
							Vc	Qc	Valor	Cond.					
							(l/s)	(m/s)							
C4.2-C4.1	0,140	9,312	89,00	0,015	44,94	0,20	1,92	60,222	0,155	OK	CUMPLE	0,740	1,419	0,263	0,053
C4.1-C4	0,156	23,524	89,00	0,015	11,00	0,20	0,95	29,793	0,790	OK	CUMPLE	1,070	1,015	0,689	0,138
C4-C3	0,021	29,405	40,00	0,015	8,25	0,20	0,82	25,802	1,140	COLAPSA	CUMPLE	1,320	1,085	0,95	0,190
C3.2-C3.1	0,280	14,212	89,00	0,015	46,07	0,20	1,94	60,970	0,233	OK	CUMPLE	0,820	1,592	0,324	0,065
C3.1-C3	0,280	28,425	89,00	0,015	13,58	0,20	1,05	33,108	0,859	OK	CUMPLE	1,070	1,128	0,747	0,149
C3-C2	0,012	63,710	40,00	0,015	33,75	0,20	1,66	52,186	1,221	COLAPSA	CUMPLE	1,479	2,458	1,066	0,213
C2.2-C2.1	0,280	14,212	89,00	0,015	35,96	0,20	1,72	53,864	0,264	OK	CUMPLE	0,850	1,458	0,346	0,069
C2.1-C2	0,280	28,425	89,00	0,015	16,39	0,20	1,16	36,371	0,782	OK	CUMPLE	1,070	1,239	0,682	0,136
C2-C1	0,012	98,016	40,00	0,015	2,50	0,20	0,45	14,203	6,901	COLAPSA	NO CUMPLE	7,808	3,532	5,626	1,125
C1.2-C1.1	0,016	9,312	89,00	0,015	11,24	0,20	0,96	30,111	0,309	OK	CUMPLE	0,890	0,853	0,381	0,076
C1.1-C1	0,280	23,524	89,00	0,015	17,52	0,20	1,20	37,596	0,626	OK	CUMPLE	1,040	1,245	0,575	0,115
C1-FP	0,009	128,401	29,58	0,015	33,81	0,20	1,66	52,230	2,458	COLAPSA	CUMPLE	2,690	4,474	1,94	0,388

Fuente: Autores.

Tabla 30. Hidráulica de la red 3 para el año 2040.

Tramo	Área (Ha)	Gasto de diseño (l/s)	Longitud (m)	Coef n	Pend. (0/00)	Diámetro (m)	Sección plena		(Qr/Qc)<1		Velocidad permisible (5-0,60 m/seg)	Vr/Vc* (adim)	Vr (m/s)	H* (m)	H/D (m)
							Vc (l/s)	Qc (m/s)	Valor	Cond.					
D6.1-D6	0,28	2,539	125,78	0,015	34,50	0,20	1,68	52,766	0,048	OK	CUMPLE	0,530	0,891	0,145	0,029
D6.2.1-D6.2	0,19	1,723	30,33	0,015	98,91	0,20	2,85	89,339	0,019	OK	CUMPLE	0,410	1,167	0,093	0,019
D6.2-D6	0,23	3,808	82,21	0,015	24,33	0,20	1,41	44,307	0,086	OK	CUMPLE	0,630	0,889	0,195	0,039
D6-D5	0,11	7,344	46,30	0,015	29,16	0,20	1,54	48,506	0,151	OK	CUMPLE	0,730	1,128	0,259	0,052
D5.1-D5	0,4	3,627	101,80	0,015	23,08	0,20	1,37	43,160	0,084	OK	CUMPLE	0,620	0,852	0,193	0,039
D5.2-D5	0,45	4,080	112,01	0,015	65,62	0,20	2,32	72,767	0,056	OK	CUMPLE	0,550	1,275	0,158	0,032
D5-D4	0,2	16,864	70,00	0,015	19,29	0,20	1,26	39,449	0,427	OK	CUMPLE	0,960	1,206	0,458	0,092
D4.1-D4	0,41	3,717	102,56	0,015	36,08	0,20	1,72	53,955	0,069	OK	CUMPLE	0,590	1,014	0,175	0,035
D4.2-D4	0,55	4,987	109,25	0,015	75,06	0,20	2,48	77,824	0,064	OK	CUMPLE	0,580	1,438	0,168	0,034
D4-D3	0,21	27,471	57,52	0,015	17,39	0,20	1,19	37,455	0,733	OK	CUMPLE	1,070	1,276	0,646	0,129
D3.3-D3.2	0,23	2,085	75,60	0,015	17,86	0,20	1,21	37,960	0,055	OK	CUMPLE	0,550	0,665	0,156	0,031
D3.2-D3.1	0,12	3,173	57,52	0,015	23,47	0,20	1,39	43,519	0,073	OK	CUMPLE	0,600	0,832	0,180	0,036
D3.1-D3	0,25	5,440	103,69	0,015	19,29	0,20	1,26	39,452	0,138	OK	CUMPLE	0,720	0,905	0,250	0,050
D3-D2	0,19	34,634	50,00	0,015	60,00	0,20	2,22	69,582	0,498	OK	CUMPLE	1,000	2,216	0,500	0,100
D2.3.1-D2.3	0,24	2,176	91,50	0,015	14,75	0,20	1,10	34,504	0,063	OK	CUMPLE	0,570	0,626	0,167	0,033
D2.3-D2.2	0,16	3,627	88,96	0,015	5,62	0,20	0,68	21,296	0,170	OK	CUMPLE	0,760	0,515	0,276	0,055
D2.2-D2.1	0,32	6,528	82,58	0,015	89,61	0,20	2,71	85,035	0,077	OK	CUMPLE	0,610	1,652	0,185	0,037
D2.1-D2	0,29	9,157	116,24	0,015	2,92	0,20	0,49	15,363	0,596	OK	NO CUMPLE	1,030	0,504	0,556	0,111
D2-D1	0,15	45,151	44,40	0,015	30,41	0,20	1,58	49,533	0,912	OK	CUMPLE	1,070	1,688	0,797	0,159
D10.1-D10	0,45	4,080	87,93	0,015	15,35	0,20	1,12	35,198	0,116	OK	CUMPLE	0,680	0,762	0,226	0,045
D10-D9	0,56	9,157	127,30	0,015	10,60	0,20	0,93	29,253	0,313	OK	CUMPLE	0,890	0,829	0,381	0,076

Continuación de la tabla 30.

Tramo	Área (Ha)	Gasto de diseño (l/s)	Longitud (m)	Coef n	Pend. (0/00)	Diámetro (m)	Sección plena		(Qr/Qc)<1		Velocidad permisible (5-0,60 m/seg)	Vr/Vc* (adim)	Vr (m/s)	H*	H/D (m)	
							Vc (l/s)	Qc (m/s)	Valor	Cond.						
D9-D8		0,75	15,957	203,94	0,015	6,62	0,20	0,74	23,112	0,690	OK	CUMPLE	1,060	0,780	0,620	0,124
D8-D7		0,43	19,856	88,28	0,015	15,29	0,20	1,12	35,128	0,565	OK	CUMPLE	1,020	1,141	0,537	0,107
D7.1-D7		0,48	4,352	152,85	0,015	61,50	0,20	2,24	70,445	0,062	OK	CUMPLE	0,570	1,279	0,166	0,033
D7-D1		0,18	25,839	44,47	0,015	120,31	0,20	3,14	98,528	0,262	OK	CUMPLE	0,850	2,667	0,346	0,069
D1-PF		0,14	69,268	39,27	0,015	34,38	0,20	1,68	52,669	1,315	COLAPSA	CUMPLE	1,530	2,566	1,120	0,224

Fuente: Autores.

4.4 Alternativas técnicas para la optimización y mejoras del servicio de tratamiento y disposición de aguas servidas de acuerdo a lo establecido en la Norma I.N.O.S (1989), empleando el software Civil 3D 2019

Basándose en los resultados de la evaluación de las características operacionales del sistema de alcantarillado y plantas de tratamiento de la parroquia Santa Ana, se describieron de manera resumida en la tabla 31, los principales problemas de cada sistema con sus respectivas medidas correctivas y de mitigación (no cuenta con ingeniería de detalle, pero se incorpora la ingeniería conceptual y básica de las obras de mejora que son necesarias):

Tabla 31. *Alternativas para los problemas que presentan los sistemas de recolección y tratamiento de las aguas servidas en Santa Ana.*

Problemas	Causas	Alternativas		
		Redes de alcantarillado	Laguna de oxidación	Filtro percolador
Deficiencia óptima.	Morfología deficiente del sistema.	*Sustitución de los tramos que no cumplen con la capacidad ni la velocidad mínima. *Ampliación de la red en los sectores que no cubren con el servicio de alcantarillado.	*Mantenimiento general. *Dragado de la laguna. *Diseño de una planta de tratamiento y eliminación de la laguna de oxidación.	Se sugiere la preparación de los lodos para su posterior secado y disposición final.
Presencia de materias flotantes en superficie.	Acumulación de papeles y plásticos.	-----	Remover todas las materias flotantes mediante una red de limpieza.	-----

Continuación de la tabla 31.

Problemas	Causas	Alternativas		
		Redes de alcantarillado	Laguna de oxidación	Filtro percolador
Presencia de mosquitos, moscas u otros insectos.	*Presencia de vegetación. *Presencia de lodos flotantes	-----	Eliminación de algunas plantas acuáticas que se encuentran en los márgenes de los taludes internos de la laguna.	*Retirar los lodos flotantes. *Aplicar larvicidas.
Crecimiento de vegetación, matorrales y otras plantas que pueden debilitar los bordes y dar mal aspecto.	Falta de mantenimiento.	-----	Se recomienda podar periódicamente la vegetación. Por otra parte, se sugiere la implementación de una cerca perimetral y portón de acceso.	Se recomienda podar periódicamente la vegetación. Igualmente, se sugiere la construcción de cercas perimetrales y portón de acceso.
Olores molestos.	*En los casos de los tramos del sistema de recolección: desbordamiento de las bocas de visita debido a su deficiente capacidad hidráulica. *En caso de los sistemas de tratamiento: Sobrecarga orgánica que disminuye el pH y la concentración de oxígeno disuelto.	Sustitución de los tramos colapsados.	Se manifiesta por el cambio de color del agua de la laguna de color verde a verde amarillento. Se pueden adoptar medidas de mitigación para paliar la generación de olores ofensivos, como alcalinizar a la laguna mediante la aplicación de lechada de cal.	Pueden adoptarse medidas de mitigación más costosas en la instalación, tales como emplear equipos de desinfección.

Fuente: Autores.

4.4.1 Análisis de las alternativas según la morfología del sistema

4.4.4.1 Sustitución de los tramos colapsados.

Consiste en la excavación de zanjas para tener acceso a las tuberías, después retirar 1,889 km de redes de aguas servidas e instalar nuevos colectores con tubería de PVC de mayor capacidad que cumplan las condiciones hidráulicas de normativas de arrastre. Posteriormente se rellena la zanja con material compactado y se recubrirá nuevamente con pavimento. Esto se presenta en 14 tramos de los 193 calculados señalados en la figura 26, donde los de trazado anaranjado representan los tramos que no cumplen con la velocidad permisible, y los de color amarillo señala los colectores colapsados.

A su vez, se determinaron los diámetros de las tuberías que le corresponde a cada colector usando el tanteo, hasta que la relación Q_r/Q_c fuese satisfactoria. De igual manera, se especifica la pendiente mínima a la cual debe ser colocada la tubería, todo de acuerdo a los caudales máximos que transitaran por las mismas y las velocidades mínimas y máximas permitidas, según lo estipulado en la Gaceta Oficial de la República de Venezuela N°5318 y de los parámetros establecidos en la norma I.N.O.S (1989), con la finalidad de garantizar el óptimo funcionamiento del sistema de alcantarillado. En la tabla 32 mostrada a continuación, se aprecia las características hidráulicas del nuevo diseño.



Figura 26. Representación gráfica de los tramos que colapsan y fallan por velocidad.
Fuente: Autores.

Tabla 32. *Hidráulica de los nuevos colectores.*

Tramo	Gasto de diseño (l/s)	Longitud (m)	Coef n	Pend. (0/00)	Diámetro (m)	Sección plena		(Qr/Qc)<1		Velocidad permisible (5-0,60 m/seg)	Vr/Vc*	Vr (m/s)	H* (adim)	H/D (m)
						Vc (l/s)	Qc (m/s)	Valor	Cond.					
B6.8-B6.7	1,315	40,00	0,012	5,50	0,20	0,84	26,334	0,050	OK	CUMPLE	0,54	0,453	0,149	0,030
B6.7-B6.6	2,037	40,00	0,012	3,00	0,20	0,619	19,449	0,105	OK	CUMPLE	0,66	0,409	0,216	0,043
A15.1-A15	0,221	42,67	0,012	3,98	0,20	0,714	22,413	0,010	OK	CUMPLE	0,34	0,243	0,068	0,014
A10.1-A10	2,164	128,16	0,012	4,21	0,20	0,734	23,049	0,094	OK	CUMPLE	0,64	0,470	0,204	0,041
A24-A23	0,667	65,80	0,012	10,79	0,20	1,175	36,885	0,018	OK	CUMPLE	0,4	0,470	0,091	0,018
A5-A4	68,917	153,19	0,012	36,56	0,25	2,509	123,120	0,560	OK	CUMPLE	1,02	2,560	0,537	0,134
A49.1-A49	0,769	94,76	0,012	3,48	0,20	0,667	20,954	0,037	OK	CUMPLE	0,49	0,327	0,129	0,026
A43-A42	45,418	104,77	0,012	13,74	0,25	1,539	75,494	0,602	OK	CUMPLE	1,04	1,600	0,562	0,141
A42-A4	49,009	374,04	0,012	19,73	0,25	1,588	49,877	0,983	OK	CUMPLE	1,03	1,636	0,905	0,226
A4-A3	119,420	95,88	0,012	85,63	0,25	3,841	188,433	0,634	OK	CUMPLE	1,05	4,033	0,581	0,145
A3-A2	120,486	180,00	0,012	23,83	0,30	2,287	161,605	0,746	OK	CUMPLE	1,07	2,448	0,66	0,198
A2-A1	124,144	122,36	0,012	11,03	0,38	1,822	206,578	0,601	OK	CUMPLE	1,04	1,895	0,562	0,214
A1-LO	126,139	332,00	0,012	26,36	0,38	2,817	319,280	0,395	OK	CUMPLE	0,94	2,648	0,433	0,165
D2.1-D2	2,882	116,24	0,012	2,92	0,20	0,612	19,204	0,150	OK	CUMPLE	0,73	0,446	0,259	0,052

Fuente: Autores.

De igual forma, se determinó la cota rasante de la boca de visita B6.7 para el cumplimiento de la velocidad permisible del tramo B6.8-B6.7 y se permitió calcular el banqueo o profundidad de excavación, mediante la diferencia entre las cotas de terreno y rasante de cada boca de visita. Las cotas de rasante de los nuevos colectores del sistema, así como el tipo de apoyo y boca de visita se encuentran en la tabla 33.

Tabla 33. *Diseño topográfico de los nuevos colectores.*

Tramo	Terreno arriba (m.s.n.m)	Terreno abajo (m.s.n.m)	Rasante arriba (m.s.n.m)	Rasante abajo (m.s.n.m)	Banqueo arriba (m)	Banqueo abajo (m)	Tipo de apoyo	Tipo boca de visita
B6.8-B6.7	159,30	159,36	155,30	155,52	4,00	3,84	Tipo C	Tipo I-A
B6.7-B6.6	159,36	159,40	155,52	155,40	3,84	4,00	Tipo C	Tipo I-A
A15.1-A15	166,34	166,51	164,99	165,16	1,35	1,35	Tipo C	Tipo I-A
A10.1-A10	169,80	173,01	168,45	167,91	1,35	5,10	Tipo C	Tipo I-A
A24-A23	166,34	166,33	163,00	162,29	3,34	4,04	Tipo C	Tipo I-A
A5-A4	161,09	167,50	156,80	162,40	4,29	5,10	Tipo C	Tipo I-A
A49.1-A49	167,59	168,56	166,24	165,91	1,35	2,65	Tipo C	Tipo I-A
A43-A42	173,87	172,43	171,22	169,78	2,65	2,65	Tipo C	Tipo I-A
A42-A4	172,43	167,50	169,78	162,40	2,65	5,10	Tipo C	Tipo I-A
A4-A3	167,50	159,29	162,40	154,19	5,10	5,10	Tipo C	Tipo I-B
A3-A2	159,29	155,00	154,19	149,90	5,10	5,10	Tipo C	Tipo I-B
A2-A1	155,00	155,00	149,90	148,55	5,10	6,45	Tipo C	Tipo I-B
A1-LO	155,00	146,25	148,55	139,80	6,45	6,45	Tipo C	Tipo I-B
D2.1-D2	162,10	161,00	155,61	155,95	6,49	5,05	Tipo C	Tipo I-B

Fuente: Autores.

Para finalizar, el diseño hidráulicos para una población proyectada a 2060, sustentan el adecuado y óptimo dimensionamiento del sistema en general, por lo que se concluye que estos garantizan un período óptimo diseño de 20 y 40 años por tratarse de colectores principales y secundarios, evaluando al mismo tiempo el nuevo diseño de aquellas tuberías de concreto que colapsan antes de cumplir la vida útil menor a 40 años. Ver tablas 34, 35 y 36 para proyección del 2040 y tablas 37, 38 y 39 para el año 2060.

Tabla 34. Hidráulica del nuevo diseño de colectores de la red central para el año 2040.

Tramo	Gasto de diseño (l/s)	Longitud (m)	Coef n	Pend. (0/00)	Diámetro (m)	Sección plena		(Qr/Qc)<1		Velocidad permisible (5-0,60 m/seg)	Vr/Vc* (adim)	Vr (m/s)	H* (adim)	H/D (m)
						Vc (l/s)	Qc (m/s)	Valor	Cond.					
B9-B8	3,349	198,51	0,015	45,34	0,20	1,93	60,485	0,055	OK	CUMPLE	0,55	1,059	0,156	0,031
B8-B7	6,313	175,00	0,015	5,71	0,20	0,68	21,473	0,294	OK	CUMPLE	0,87	0,595	0,367	0,073
B7-B6	10,169	202,67	0,015	4,93	0,20	0,64	19,954	0,510	OK	CUMPLE	1,00	0,635	0,506	0,101
B6.9.1-B6.9	0,325	94,00	0,015	14,36	0,20	1,08	34,042	0,010	OK	CUMPLE	0,34	0,369	0,068	0,014
B6.9-B6.8	0,629	40,00	0,015	57,50	0,20	2,17	68,116	0,009	OK	CUMPLE	0,33	0,716	0,065	0,013
B6.8.1-B6.8	0,792	94,00	0,015	42,13	0,20	1,86	58,304	0,014	OK	CUMPLE	0,37	0,687	0,800	0,160
B6.8-B6.7	1,725	40,00	0,012	5,50	0,20	0,84	26,334	0,066	OK	CUMPLE	0,58	0,486	0,171	0,034
B6.7.1-B6.7	0,792	94,00	0,015	48,40	0,20	1,99	62,497	0,013	OK	CUMPLE	0,36	0,717	0,077	0,015
B6.7-B6.6	2,862	40,00	0,012	3,00	0,20	0,62	19,449	0,147	OK	CUMPLE	0,72	0,446	0,254	0,051
B6.6.1-B6.6	0,792	94,00	0,015	59,04	0,20	2,20	69,024	0,011	OK	CUMPLE	0,35	0,769	0,071	0,014
B6.6-B6.5	3,938	40,00	0,015	5,00	0,20	0,64	20,086	0,196	OK	CUMPLE	0,78	0,499	0,297	0,059
B6.5.1-B6.5	0,792	94,00	0,015	73,94	0,20	2,46	77,241	0,010	OK	CUMPLE	0,34	0,836	0,068	0,014
B6.5-B6.4	4,993	40,00	0,015	47,50	0,20	1,97	61,911	0,081	OK	CUMPLE	0,62	1,222	0,189	0,038
B6.4.1-B6.4	0,792	94,00	0,015	40,96	0,20	1,83	57,489	0,014	OK	CUMPLE	0,37	0,677	0,080	0,016
B6.4-B6.3	6,069	40,00	0,015	62,50	0,20	2,26	71,016	0,085	OK	CUMPLE	0,62	1,402	0,194	0,039
B6.3.1-B6.3	0,406	94,00	0,015	17,55	0,20	1,20	37,635	0,011	OK	CUMPLE	0,35	0,420	0,071	0,014
B6.3-B6.2	6,739	35,00	0,015	38,57	0,20	1,78	55,789	0,121	OK	CUMPLE	0,69	1,226	0,231	0,046
B6.2-B6.1	7,571	70,88	0,015	84,65	0,20	2,63	82,648	0,092	OK	CUMPLE	0,64	1,685	0,202	0,040
B6.1-B6	8,464	129,57	0,015	23,15	0,20	1,38	43,224	0,196	OK	CUMPLE	0,78	1,074	0,297	0,059
B6-B5	19,791	84,00	0,015	71,43	0,20	2,42	75,920	0,261	OK	CUMPLE	0,85	2,055	0,346	0,069
B5-B4	22,023	160,54	0,015	43,60	0,20	1,89	59,317	0,371	OK	CUMPLE	0,93	1,757	0,420	0,084

Continuación de la tabla 34

Tramo	Gasto de diseño (l/s)	Longitud (m)	Coef n	Pend. (0/00)	Diámetro (m)	Sección plena		(Qr/Qc)<1		Velocidad permisible (5-0,60 m/seg)	Vr/Vc* (adim)	Vr (m/s)	H* (adim)	H/D (m)
						Vc (l/s)	Qc (m/s)	Valor	Cond.					
B4-B3	24,845	185,99	0,012	7,26	0,20	0,96	30,252	0,821	OK	CUMPLE	1,08	1,041	0,713	0,143
B3-B2	25,576	56,17	0,015	24,03	0,20	1,40	44,039	0,581	OK	CUMPLE	1,03	1,445	0,550	0,110
B2-B1	28,133	148,84	0,012	9,07	0,20	1,08	33,817	0,832	OK	CUMPLE	1,08	1,163	0,721	0,144
B1-A15	29,615	121,65	0,015	21,04	0,20	1,31	41,208	0,719	OK	CUMPLE	1,07	1,404	0,640	0,128
A15.1-A15	0,264	42,67	0,012	3,98	0,20	0,71	22,413	0,012	OK	CUMPLE	0,36	0,257	0,074	0,015
A15-A14	30,285	65,47	0,015	51,17	0,20	2,05	64,257	0,471	OK	CUMPLE	0,99	2,026	0,492	0,098
A14.1-A14	0,426	49,57	0,015	63,95	0,20	2,29	71,835	0,006	OK	CUMPLE	0,29	0,663	0,053	0,011
A14-A13	31,320	116,62	0,012	11,58	0,20	1,22	38,204	0,820	OK	CUMPLE	1,08	1,314	0,713	0,143
A13.1-A13	0,365	57,14	0,015	99,58	0,20	2,85	89,640	0,004	OK	CUMPLE	0,26	0,742	0,044	0,009
A13-A12	32,193	83,63	0,015	27,86	0,20	1,51	47,415	0,679	OK	CUMPLE	1,06	1,601	0,613	0,123
A12.1-A12	0,264	59,73	0,015	88,40	0,20	2,69	84,458	0,003	OK	CUMPLE	0,24	0,646	0,038	0,008
A12-A11	32,721	59,11	0,015	106,92	0,20	2,96	92,885	0,352	OK	CUMPLE	0,92	2,721	0,407	0,081
A11.1-A11	0,284	60,11	0,015	49,24	0,20	2,01	63,036	0,005	OK	CUMPLE	0,28	0,562	0,049	0,010
A11.3-A11.2	0,386	46,36	0,015	29,12	0,20	1,54	48,475	0,008	OK	CUMPLE	0,32	0,494	0,061	0,012
A11.2-A11	2,030	128,16	0,015	68,74	0,20	2,37	74,478	0,027	OK	CUMPLE	0,45	1,067	0,110	0,022
A11-A10	35,278	59,50	0,015	20,17	0,20	1,28	40,341	0,874	OK	CUMPLE	1,07	1,375	0,756	0,151
A10.2-A10.1	0,345	46,36	0,015	125,11	0,20	3,20	100,476	0,003	OK	CUMPLE	0,24	0,768	0,038	0,008
A10.1-A10	1,807	128,16	0,012	4,21	0,20	0,73	23,049	0,078	OK	CUMPLE	0,61	0,448	0,186	0,037
A10-A9	37,491	94,08	0,015	31,99	0,20	1,62	50,810	0,738	OK	CUMPLE	1,07	1,731	0,646	0,129
A9.1-A9	0,426	58,70	0,015	127,09	0,20	3,23	101,267	0,004	OK	CUMPLE	0,26	0,839	0,044	0,009
A9-A8	38,343	89,75	0,015	36,43	0,20	1,73	54,222	0,707	OK	CUMPLE	1,06	1,830	0,633	0,127
A8.1-A8	0,365	57,81	0,015	250,30	0,20	4,53	142,119	0,003	OK	CUMPLE	0,24	1,086	0,038	0,008

Continuación de la tabla 34

Tramo	Gasto de diseño (l/s)	Longitud (m)	Coef n	Pend. (0/00)	Diámetro (m)	Sección plena		(Qr/Qc)<1		Velocidad permisible (5-0,60 m/seg)	Vr/Vc* (adim)	Vr (m/s)	H* (adim)	H/D (m)
						Vc	Qc	Valor	Cond.					
						(l/s)	(m/s)							
A8-A7	39,541	121,53	0,015	42,29	0,20	1,86	58,420	0,677	OK	CUMPLE	1,06	1,972	0,613	0,123
A7.1-A7	0,284	54,84	0,015	212,62	0,20	4,17	130,984	0,002	OK	CUMPLE	0,21	0,876	0,032	0,006
A7-A6	40,292	145,89	0,015	50,79	0,20	2,04	64,020	0,629	OK	CUMPLE	1,05	2,141	0,581	0,116
A24.1-A24	0,223	75,49	0,015	8,61	0,20	0,84	26,359	0,008	OK	CUMPLE	0,32	0,269	0,061	0,012
A24-A23	0,426	65,80	0,012	10,79	0,20	1,17	36,885	0,012	OK	CUMPLE	0,36	0,423	0,074	0,015
A23-A22	1,360	117,97	0,015	11,44	0,20	0,97	30,388	0,045	OK	CUMPLE	0,52	0,503	0,141	0,028
A22.1-A22	0,345	63,83	0,015	112,49	0,20	3,03	95,273	0,004	OK	CUMPLE	0,26	0,789	0,044	0,009
A22-A21	2,334	85,60	0,015	22,43	0,20	1,35	42,543	0,055	OK	CUMPLE	0,55	0,745	156,000	31,200
A21.1-A21	0,264	60,90	0,015	41,22	0,20	1,84	57,670	0,005	OK	CUMPLE	0,28	0,514	0,049	0,010
A21-A20	3,024	58,58	0,015	68,28	0,20	2,36	74,229	0,041	OK	CUMPLE	0,51	1,206	0,135	0,027
A20-A19	3,248	57,89	0,015	27,29	0,20	1,49	46,929	0,069	OK	CUMPLE	0,59	0,882	0,175	0,035
A19.1-A19	0,264	59,86	0,015	53,79	0,20	2,10	65,884	0,004	OK	CUMPLE	0,26	0,546	0,044	0,009
A19-A18	4,445	95,58	0,015	13,50	0,20	1,05	33,001	0,135	OK	CUMPLE	0,71	0,746	0,245	0,049
A18-A17	5,034	88,75	0,015	42,14	0,20	1,86	58,314	0,086	OK	CUMPLE	0,63	1,170	0,195	0,039
A17-A16	5,846	114,08	0,015	69,69	0,20	2,39	74,989	0,078	OK	CUMPLE	0,61	1,457	0,186	0,037
A16-A6	6,089	123,79	0,015	7,76	0,20	0,80	25,016	0,243	OK	CUMPLE	0,83	0,661	0,331	0,066
A28-A27	0,832	95,86	0,015	47,26	0,20	1,97	61,752	0,013	OK	CUMPLE	0,36	0,708	0,077	0,015
A27.1-A27	0,203	56,48	0,015	6,20	0,20	0,71	22,362	0,009	OK	CUMPLE	0,33	0,235	0,065	0,013
A27-A26	1,664	87,68	0,015	206,32	0,20	4,11	129,029	0,013	OK	CUMPLE	0,36	1,479	0,077	0,015
A26.1-A26	0,203	51,65	0,015	271,06	0,20	4,71	147,893	0,001	OK	CUMPLE	0,17	0,801	0,023	0,005
A26-A25	2,436	110,69	0,015	163,97	0,20	3,66	115,028	0,021	OK	CUMPLE	0,42	1,539	0,098	0,020
A25.1-A25	0,203	38,99	0,015	97,46	0,20	2,82	88,682	0,002	OK	CUMPLE	0,21	0,593	0,032	0,006

Continuación de la tabla 34

Tramo	Gasto de diseño (l/s)	Longitud (m)	Coef n	Pend. (0/00)	Diámetro (m)	Sección plena		(Qr/Qc)<1		Velocidad permisible (5-0,60 m/seg)	Vr/Vc* (adim)	Vr (m/s)	H* (adim)	H/D (m)
						Vc (l/s)	Qc (m/s)	Valor	Cond.					
A25-A6	2,862	119,01	0,015	67,64	0,20	2,35	73,880	0,039	OK	CUMPLE	0,50	1,176	0,132	0,026
A6-A5	50,502	149,22	0,015	47,58	0,20	1,97	61,963	0,815	OK	CUMPLE	1,08	2,131	0,709	0,142
A32-A31	2,233	186,28	0,015	24,00	0,20	1,40	44,004	0,051	OK	CUMPLE	0,54	0,757	0,151	0,030
A31-A30	3,024	86,38	0,015	31,84	0,20	1,61	50,685	0,060	OK	CUMPLE	0,57	0,920	0,163	0,033
A30-A29	3,430	60,47	0,015	20,84	0,20	1,31	41,005	0,084	OK	CUMPLE	0,62	0,810	0,193	0,039
A29-A38	3,816	64,15	0,015	21,04	0,20	1,31	41,208	0,093	OK	CUMPLE	0,64	0,840	0,203	0,041
A41.1-A41	0,467	74,59	0,015	18,10	0,20	1,22	38,216	0,012	OK	CUMPLE	0,36	0,438	0,074	0,015
A41-A40	2,172	184,98	0,015	12,92	0,20	1,03	32,289	0,067	OK	CUMPLE	0,58	0,596	0,172	0,034
A40.1-A40	0,386	94,28	0,015	42,00	0,20	1,85	58,218	0,007	OK	CUMPLE	0,30	0,556	0,057	0,011
A40.2-A40	0,731	67,94	0,015	50,49	0,20	2,03	63,827	0,011	OK	CUMPLE	0,35	0,711	0,071	0,014
A40-A39	3,999	87,44	0,015	30,54	0,20	1,58	49,639	0,081	OK	CUMPLE	0,62	0,980	0,189	0,038
A39.1-A39	0,304	95,08	0,015	20,30	0,20	1,29	40,472	0,008	OK	CUMPLE	0,32	0,412	0,061	0,012
A39.2-A39	0,589	65,63	0,015	51,04	0,20	2,04	64,178	0,009	OK	CUMPLE	0,33	0,674	0,065	0,013
A39-A38	5,196	60,40	0,015	12,25	0,20	1,00	31,442	0,165	OK	CUMPLE	0,75	0,751	0,272	0,054
A38.1-A38	0,548	93,26	0,015	9,54	0,20	0,88	27,750	0,020	OK	CUMPLE	0,41	0,362	0,095	0,019
A38-A37	9,865	55,55	0,015	24,30	0,20	1,41	44,284	0,223	OK	CUMPLE	0,81	1,142	0,316	0,063
A37.1-A37	0,548	89,64	0,015	35,48	0,20	1,70	53,503	0,010	OK	CUMPLE	0,34	0,579	0,068	0,014
A37.2-A37	0,304	62,85	0,015	96,58	0,20	2,81	88,280	0,003	OK	CUMPLE	0,24	0,675	0,038	0,008
A37-A36	11,347	97,15	0,015	56,51	0,20	2,15	67,528	0,168	OK	CUMPLE	0,76	1,634	0,276	0,055
A36.1-A36	0,670	91,60	0,015	21,94	0,20	1,34	42,079	0,016	OK	CUMPLE	0,38	0,509	0,086	0,017
A36.2-A36	0,304	65,36	0,015	132,50	0,20	3,29	103,400	0,003	OK	CUMPLE	0,24	0,790	0,038	0,008
A36-A35	12,889	88,55	0,015	251,16	0,20	4,53	142,361	0,091	OK	CUMPLE	0,64	2,902	0,201	0,040

Continuación de la tabla 34

Tramo	Gasto de diseño (l/s)	Longitud (m)	Coef n	Pend. (0/00)	Diámetro (m)	Sección plena		(Qr/Qc)<1		Velocidad permisible (5-0,60 m/seg)	Vr/Vc* (adim)	Vr (m/s)	H* (adim)	H/D (m)
						Vc (l/s)	Qc (m/s)	Valor	Cond.					
A35.1-A35	0,548	90,01	0,015	50,11	0,20	2,03	63,586	0,009	OK	CUMPLE	0,33	0,668	0,065	0,013
A35.2-A35	0,304	69,31	0,015	239,79	0,20	4,43	139,103	0,002	OK	CUMPLE	0,21	0,930	0,032	0,006
A35-A34	14,574	106,88	0,015	131,08	0,20	3,28	102,846	0,142	OK	CUMPLE	0,72	2,358	0,250	0,050
A34.1-A34	0,386	74,67	0,015	4,96	0,20	0,64	19,996	0,019	OK	CUMPLE	0,41	0,261	0,093	0,019
A34-A33	17,314	243,72	0,015	70,41	0,20	2,40	75,376	0,230	OK	CUMPLE	0,82	1,968	0,324	0,065
A33-A5	17,323	4,12	0,015	283,98	0,20	4,82	151,378	0,114	OK	CUMPLE	0,67	3,230	0,221	0,044
A5.3-A5.2	0,812	99,61	0,015	13,55	0,20	1,05	33,070	0,025	OK	CUMPLE	0,44	0,463	0,106	0,021
A5.2-A5.1	2,537	167,98	0,015	17,86	0,20	1,21	37,962	0,067	OK	CUMPLE	0,58	0,701	0,172	0,034
A5.1-A5	3,654	95,12	0,015	78,85	0,20	2,54	79,765	0,046	OK	CUMPLE	0,52	1,321	0,143	0,029
A5-A4	73,256	153,19	0,012	36,56	0,25	2,51	123,120	0,595	OK	CUMPLE	1,03	2,585	0,556	0,139
A70.1-A70	1,522	172,64	0,015	6,43	0,20	0,73	22,778	0,067	OK	CUMPLE	0,58	0,421	0,172	0,034
A70-A64	2,943	139,05	0,015	22,08	0,20	1,34	42,209	0,070	OK	CUMPLE	0,59	0,793	0,176	0,035
A61.1-A61	0,010	11,00	0,015	36,36	0,20	1,73	54,169	0,000	OK	CUMPLE	0,17	0,293	0,023	0,005
A61-A62	0,457	101,39	0,015	26,14	0,20	1,46	45,924	0,010	OK	CUMPLE	0,34	0,497	0,068	0,014
A62-A63	0,822	62,90	0,015	20,67	0,20	1,30	40,838	0,020	OK	CUMPLE	0,41	0,533	0,095	0,019
A63.1-A63	0,325	37,49	0,015	37,88	0,20	1,76	55,285	0,006	OK	CUMPLE	0,29	0,511	0,053	0,011
A63-A64	1,553	84,21	0,015	49,64	0,20	2,02	63,288	0,025	OK	CUMPLE	0,44	0,887	0,106	0,021
A64-A49	5,287	145,30	0,015	18,86	0,20	1,24	39,009	0,136	OK	CUMPLE	0,71	0,882	0,245	0,049
A49.1-A49	0,731	94,76	0,012	3,48	0,20	0,67	20,954	0,035	OK	CUMPLE	0,48	0,320	0,125	0,025
A49.3-A49.2	0,345	42,00	0,015	35,71	0,20	1,71	53,683	0,006	OK	CUMPLE	0,29	0,496	0,053	0,011
A49.2-A49	1,035	104,00	0,015	60,00	0,20	2,22	69,582	0,015	OK	CUMPLE	0,38	0,842	0,083	0,017
A49-A48	8,515	188,67	0,015	7,63	0,20	0,79	24,817	0,343	OK	CUMPLE	0,91	0,719	0,401	0,080

Continuación de la tabla 34

Tramo	Gasto de diseño (l/s)	Longitud (m)	Coef n	Pend. (0/00)	Diámetro (m)	Sección plena		(Qr/Qc)<1		Velocidad permisible (5-0,60 m/seg)	Vr/Vc*	Vr (m/s)	H* (adim)	H/D (m)
						Vc (l/s)	Qc (m/s)	Valor	Cond.					
A59-A60	0,386	103,63	0,015	13,03	0,20	1,03	32,422	0,012	OK	CUMPLE	0,36	0,372	0,074	0,015
A60-A48	1,157	90,02	0,015	30,77	0,20	1,59	49,830	0,023	OK	CUMPLE	0,43	0,682	0,102	0,020
A48-A47	10,118	88,79	0,015	52,93	0,20	2,08	65,356	0,155	OK	CUMPLE	0,74	1,540	0,263	0,053
A47.1-A47	1,421	170,75	0,015	5,86	0,20	0,69	21,739	0,065	OK	CUMPLE	0,58	0,402	0,170	0,034
A47-A46	11,844	59,15	0,015	5,07	0,20	0,64	20,230	0,585	OK	CUMPLE	1,03	0,664	0,550	0,110
46.1-BV46	1,299	175,37	0,015	7,41	0,20	0,78	24,458	0,053	OK	CUMPLE	0,55	0,428	0,153	0,031
A46-A45	13,407	55,39	0,015	16,97	0,20	1,18	37,006	0,362	OK	CUMPLE	0,92	1,084	0,414	0,083
A45.1-A45	1,238	180,23	0,015	6,66	0,20	0,74	23,179	0,053	OK	CUMPLE	0,55	0,406	0,153	0,031
A45-A44	15,193	95,82	0,015	45,08	0,20	1,92	60,316	0,252	OK	CUMPLE	0,84	1,614	0,339	0,068
A44.1-A44	2,233	178,41	0,015	22,20	0,20	1,35	42,321	0,053	OK	CUMPLE	0,55	0,741	0,153	0,031
A44-A43	18,096	90,46	0,015	39,91	0,20	1,81	56,747	0,319	OK	CUMPLE	0,89	1,608	0,387	0,077
A72.1-A72	0,548	78,30	0,015	17,24	0,20	1,19	37,300	0,015	OK	CUMPLE	0,38	0,451	0,083	0,017
A72-A68	1,299	111,61	0,015	15,68	0,20	1,13	35,570	0,037	OK	CUMPLE	0,49	0,555	0,129	0,026
A69.1-A69	0,244	34,71	0,015	38,89	0,20	1,78	56,022	0,004	OK	CUMPLE	0,26	0,464	0,044	0,009
A69.2-A69	0,203	47,16	0,015	52,16	0,20	2,07	64,878	0,003	OK	CUMPLE	0,24	0,496	0,038	0,008
A69-A68	1,076	103,02	0,015	22,33	0,20	1,35	42,444	0,025	OK	CUMPLE	0,44	0,595	0,106	0,021
A68-A67	3,085	85,67	0,015	37,94	0,20	1,76	55,328	0,056	OK	CUMPLE	0,55	0,969	0,158	0,032
A71.2.1-A71.2	0,548	74,31	0,015	22,88	0,20	1,37	42,965	0,013	OK	CUMPLE	0,36	0,493	0,077	0,015
A71.2-A71.1	1,624	169,03	0,015	17,81	0,20	1,21	37,907	0,043	OK	CUMPLE	0,51	0,616	0,138	0,028
A71.1-A71	2,091	70,00	0,015	33,29	0,20	1,65	51,826	0,040	OK	CUMPLE	0,50	0,825	0,134	0,027
A71-A67	3,430	93,50	0,015	17,65	0,20	1,20	37,736	0,091	OK	CUMPLE	0,64	0,769	0,201	0,040
A67-A54	7,226	107,68	0,015	12,54	0,20	1,01	31,807	0,227	OK	CUMPLE	0,82	0,831	0,324	0,065

Continuación de la tabla 34

Tramo	Gasto de diseño (l/s)	Longitud (m)	Coef n	Pend. (0/00)	Diámetro (m)	Sección plena		(Qr/Qc)<1		Velocidad permisible (5-0,60 m/seg)	Vr/Vc* (adim)	Vr (m/s)	H* (adim)	H/D (m)
						Vc (l/s)	Qc (m/s)	Valor	Cond.					
A58.1-A58	0,203	15,65	0,015	42,17	0,20	1,86	58,336	0,003	OK	CUMPLE	0,24	0,446	0,038	0,008
A58-A57	0,406	38,67	0,015	55,60	0,20	2,13	66,981	0,006	OK	CUMPLE	0,29	0,619	0,053	0,011
A57-A55	0,670	46,88	0,015	28,80	0,20	1,54	48,205	0,014	OK	CUMPLE	0,37	0,568	0,080	0,016
A56-A55	0,203	48,17	0,015	23,04	0,20	1,37	43,121	0,005	OK	CUMPLE	0,28	0,385	0,049	0,010
A55-A54	1,198	61,64	0,015	84,36	0,20	2,63	82,507	0,015	OK	CUMPLE	0,38	0,998	0,083	0,017
A54-A53	8,830	63,74	0,015	19,61	0,20	1,27	39,780	0,222	OK	CUMPLE	0,81	1,026	0,316	0,063
A53.1-A53	0,832	117,92	0,015	56,99	0,20	2,16	67,812	0,012	OK	CUMPLE	0,36	0,777	0,074	0,015
A53-A52	10,068	50,33	0,015	24,84	0,20	1,43	44,767	0,225	OK	CUMPLE	0,81	1,155	0,316	0,063
A66.1-A66	0,386	67,06	0,015	16,55	0,20	1,16	36,547	0,011	OK	CUMPLE	0,35	0,407	0,071	0,014
A66-A65	0,589	50,49	0,015	64,37	0,20	2,30	72,070	0,008	OK	CUMPLE	0,32	0,734	0,061	0,012
A65-A52	1,522	125,26	0,015	89,57	0,20	2,71	85,018	0,018	OK	CUMPLE	0,40	1,083	0,091	0,018
A52-A51	12,219	93,71	0,015	13,87	0,20	1,07	33,458	0,365	OK	CUMPLE	0,92	0,980	0,414	0,083
A51-A50	12,910	91,56	0,015	21,95	0,20	1,34	42,088	0,307	OK	CUMPLE	0,89	1,193	0,381	0,076
A50-A43	14,533	177,95	0,015	99,69	0,20	2,86	89,690	0,162	OK	CUMPLE	0,74	2,114	0,268	0,054
A43-A42	33,542	104,77	0,012	13,74	0,25	1,54	75,494	0,444	OK	CUMPLE	0,97	1,493	0,464	0,116
A42.1-A42	0,386	90,36	0,015	84,00	0,20	2,62	82,329	0,005	OK	CUMPLE	0,26	0,682	0,049	0,010
A42-A4	36,303	374,04	0,012	19,73	0,20	1,59	49,877	0,728	OK	CUMPLE	1,07	1,700	0,646	0,129
A4-A3	110,684	95,88	0,012	85,63	0,25	3,84	188,433	0,587	OK	CUMPLE	1,03	3,956	0,556	0,139
A3-A2	112,348	180,00	0,012	23,83	0,30	2,29	161,605	0,695	OK	CUMPLE	1,06	2,425	0,620	0,186
A2.2-A2.1	4,486	142,93	0,015	9,45	0,20	0,88	27,607	0,162	OK	CUMPLE	0,74	0,651	0,268	0,054
A2.1-A2	7,348	170,41	0,015	14,14	0,20	1,08	33,782	0,218	OK	CUMPLE	0,81	0,871	0,316	0,063
A2-A1	120,630	122,36	0,012	11,03	0,38	1,82	206,578	0,584	OK	CUMPLE	1,03	1,877	0,550	0,209

Continuación de la tabla 34

Tramo	Gasto de diseño (l/s)	Longitud (m)	Coef n	Pend. (0/00)	Diámetro (m)	Sección plena		(Qr/Qc)<1		Velocidad permisible (5-0,60 m/seg)	Vr/Vc* (adim)	Vr (m/s)	H* (adim)	H/D (m)
						Vc	Qc	Valor	Cond.					
						(l/s)	(m/s)							
A1.1-A1	0,995	149,10	0,015	62,98	0,20	2,27	71,287	0,014	OK	CUMPLE	0,37	0,840	0,080	0,016
A1-LO	123,452	332,00	0,012	26,36	0,38	2,82	319,280	0,387	OK	CUMPLE	0,94	2,648	0,433	0,165

Fuente: Autores.

Tabla 35. Hidráulica de los nuevos colectores de la red 2 para el año 2040.

Tramo	Gasto de diseño (l/s)	Longitud (m)	Coef n	Pend. (0/00)	Diámetro (m)	Sección plena		(Qr/Qc)<1		Condición velocidad permisible (5-0,60 m/seg)	Vr/Vc* (adim)	Vr (m/s)	H* (adim)	H/D (m)
						Vc	Qc	Valor	Cond.					
						(l/s)	(m/s)							
C4.2-C4.1	9,312	89,00	0,015	44,94	0,20	1,92	60,222	0,155	OK	CUMPLE	0,74	1,419	0,263	0,053
C4.1-C4	23,524	89,00	0,015	11,00	0,20	0,95	29,793	0,790	OK	CUMPLE	1,07	1,015	0,689	0,138
C4-C3	29,405	40,00	0,015	8,25	0,25	0,95	46,791	0,628	OK	CUMPLE	1,05	1,001	0,581	0,145
C3.2-C3.1	14,212	89,00	0,015	46,07	0,20	1,94	60,970	0,233	OK	CUMPLE	0,82	1,592	0,324	0,065
C3.1-C3	28,425	89,00	0,015	13,58	0,20	1,05	33,108	0,859	OK	CUMPLE	1,07	1,128	0,747	0,149
C3-C2	63,710	40,00	0,015	33,75	0,25	1,93	94,640	0,673	OK	CUMPLE	1,06	2,045	0,607	0,152
C2.2-C2.1	14,212	89,00	0,015	35,96	0,20	1,72	53,864	0,264	OK	CUMPLE	0,85	1,458	0,346	0,069
C2.1-C2	28,425	89,00	0,015	16,39	0,20	1,16	36,371	0,782	OK	CUMPLE	1,07	1,239	0,682	0,136
C2-C1	98,016	40,00	0,015	15,00	0,30	1,45	102,565	0,956	OK	CUMPLE	1,05	1,524	0,849	0,255
C1.2-C1.1	9,312	89,00	0,015	11,24	0,20	0,96	30,111	0,309	OK	CUMPLE	0,89	0,853	0,381	0,076
C1.1-C1	23,524	89,00	0,015	11,90	0,20	0,99	30,986	0,759	OK	CUMPLE	1,07	1,056	0,667	0,133
C1-FP	128,401	29,58	0,015	33,81	0,30	2,18	153,976	0,834	OK	CUMPLE	1,08	2,354	0,721	0,216

Fuente: Autores.

Tabla 36. Hidráulica de los nuevos colectores de la red 3 para el año 2040.

Tramo	Gasto de diseño (l/s)	Longitud (m)	Coef n	Pend. (0/00)	Diámetro (m)	Sección plena		(Qr/Qc)<1		Condición velocidad permisible (5-0,60 m/seg)	Vr/Vc* (adim)	Vr (m/s)	H* (adim)	H/D (m)
						Vc (l/s)	Qc (m/s)	Valor	Cond.					
D6.1-D6	2,539	125,78	0,015	34,50	0,20	1,68	52,766	0,048	OK	CUMPLE	0,53	0,891	0,145	0,029
D6.2.1-D6.2	1,723	30,33	0,015	98,91	0,20	2,85	89,339	0,019	OK	CUMPLE	0,41	1,167	0,093	0,019
D6.2-D6	3,808	82,21	0,015	24,33	0,20	1,41	44,307	0,086	OK	CUMPLE	0,63	0,889	0,195	0,039
D6-D5	7,344	46,30	0,015	29,16	0,20	1,54	48,506	0,151	OK	CUMPLE	0,73	1,128	0,259	0,052
D5.1-D5	3,627	101,80	0,015	23,08	0,20	1,37	43,160	0,084	OK	CUMPLE	0,62	0,852	0,193	0,039
D5.2-D5	4,080	112,01	0,015	65,62	0,20	2,32	72,767	0,056	OK	CUMPLE	0,55	1,275	0,158	0,032
D5-D4	16,864	70,00	0,015	19,29	0,20	1,26	39,449	0,427	OK	CUMPLE	0,96	1,206	0,458	0,092
D4.1-D4	3,717	102,56	0,015	36,08	0,20	1,72	53,955	0,069	OK	CUMPLE	0,59	1,014	0,175	0,035
D4.2-D4	4,987	109,25	0,015	75,06	0,20	2,48	77,824	0,064	OK	CUMPLE	0,58	1,438	0,168	0,034
D4-D3	27,471	57,52	0,015	17,39	0,20	1,19	37,455	0,733	OK	CUMPLE	1,07	1,276	0,646	0,129
D3.3-D3.2	2,085	75,60	0,015	17,86	0,20	1,21	37,960	0,055	OK	CUMPLE	0,55	0,665	0,156	0,031
D3.2-D3.1	3,173	57,52	0,015	23,47	0,20	1,39	43,519	0,073	OK	CUMPLE	0,60	0,832	0,180	0,036
D3.1-D3	5,440	103,69	0,015	19,29	0,20	1,26	39,452	0,138	OK	CUMPLE	0,72	0,905	0,250	0,050
D3-D2	34,634	50,00	0,015	60,00	0,20	2,22	69,582	0,498	OK	CUMPLE	1,00	2,216	0,500	0,100
D2.3.1-D2.3	2,176	91,50	0,015	14,75	0,20	1,10	34,504	0,063	OK	CUMPLE	0,57	0,626	0,167	0,033
D2.3-D2.2	3,627	88,96	0,015	5,62	0,20	0,68	21,296	0,170	OK	CUMPLE	0,76	0,515	0,276	0,055
D2.2-D2.1	6,528	82,58	0,015	89,61	0,20	2,71	85,035	0,077	OK	CUMPLE	0,61	1,652	0,185	0,037
D2.1-D2	9,157	116,24	0,012	2,92	0,20	0,61	19,204	0,477	OK	CUMPLE	0,99	0,605	0,488	0,098
D2-D1	45,151	44,40	0,015	30,41	0,20	1,58	49,533	0,912	OK	CUMPLE	1,07	1,688	0,797	0,159
D10.1-D10	4,080	87,93	0,015	15,35	0,20	1,12	35,198	0,116	OK	CUMPLE	0,68	0,762	0,226	0,045
D10-D9	9,157	127,30	0,015	10,60	0,20	0,93	29,253	0,313	OK	CUMPLE	0,89	0,829	0,381	0,076

Continuación de la tabla 36.

Tramo	Gasto de diseño (l/s)	Longitud (m)	Coef n	Pend. (0/00)	Diámetro (m)	Sección plena		(Qr/Qc)<1		Condición velocidad permisible (5-0,60 m/seg)	Vr/Vc* (adim)	Vr (m/s)	H* (adim)	H/D (m)
						Vc (l/s)	Qc (m/s)	Valor	Cond.					
D9-D8	15,957	203,94	0,015	6,62	0,20	0,74	23,112	0,690	OK	CUMPLE	1,06	0,780	0,620	0,124
D8-D7	19,856	88,28	0,015	15,29	0,20	1,12	35,128	0,565	OK	CUMPLE	1,02	1,141	0,537	0,107
D7.1-D7	4,352	152,85	0,015	61,50	0,20	2,24	70,445	0,062	OK	CUMPLE	0,57	1,279	0,166	0,033
D7-D1	25,839	44,47	0,015	120,31	0,20	3,14	98,528	0,262	OK	CUMPLE	0,85	2,667	0,346	0,069
D1-PF	69,268	39,27	0,012	34,38	0,25	2,43	119,395	0,580	OK	CUMPLE	1,03	2,507	0,550	0,138

Fuente: Autores.

Tabla 37. Hidráulica de los nuevos colectores de la red central para el año 2060.

Tramo	Gasto de diseño (l/s)	Longitud (m)	Coef n	Pend. (0/00)	Diámetro (m)	Sección plena		(Qr/Qc)<1		Velocidad permisible (5-0,60 m/seg)	Vr/Vc* (adim)	Vr (m/s)	H* (adim)	H/D (m)
						Vc (l/s)	Qc (m/s)	Valor	Cond.					
B9-B8	3,985	198,51	0,015	45,34	0,20	1,93	60,485	0,066	OK	CUMPLE	0,58	1,117	0,171	0,034
B8-B7	7,510	175,00	0,015	5,71	0,20	0,68	21,473	0,350	OK	CUMPLE	0,92	0,629	0,407	0,081
B7-B6	12,099	202,67	0,015	4,93	0,20	0,64	19,954	0,606	OK	CUMPLE	1,04	0,661	0,562	0,112
B6.9.1-B6.9	0,386	94,00	0,015	14,36	0,20	1,08	34,042	0,011	OK	CUMPLE	0,35	0,379	0,071	0,014
B6.9-B6.8	0,749	40,00	0,015	57,50	0,20	2,17	68,116	0,011	OK	CUMPLE	0,35	0,759	0,071	0,014
B6.8.1-B6.8	0,942	94,00	0,015	42,13	0,20	1,86	58,304	0,016	OK	CUMPLE	0,38	0,706	0,086	0,017
B6.8-B6.7	2,053	40,00	0,012	5,50	0,20	0,84	26,334	0,078	OK	CUMPLE	0,61	0,512	0,186	0,037
B6.7.1-B6.7	0,942	94,00	0,015	48,40	0,20	1,99	62,497	0,015	OK	CUMPLE	0,38	0,756	0,083	0,017
B6.7-B6.6	3,405	40,00	0,012	3,00	0,20	0,62	19,449	0,175	OK	CUMPLE	0,76	0,471	0,281	0,056
B6.6.1-B6.6	0,942	94,00	0,015	59,04	0,20	2,20	69,024	0,014	OK	CUMPLE	0,37	0,813	0,080	0,016
B6.6-B6.5	4,685	40,00	0,015	5,00	0,20	0,64	20,086	0,233	OK	CUMPLE	0,82	0,525	0,324	0,065

Continuación de la tabla 37

Tramo	Gasto de diseño (l/s)	Longitud (m)	Coef n	Pend. (0/00)	Diámetro (m)	Sección plena		(Qr/Qc)<1		Velocidad permisible (5-0,60 m/seg)	Vr/Vc* (adim)	Vr (m/s)	H* (adim)	H/D (m)
						Vc (l/s)	Qc (m/s)	Valor	Cond.					
B6.5.1-B6.5	0,942	94,00	0,015	73,94	0,20	2,46	77,241	0,012	OK	CUMPLE	0,36	0,886	0,074	0,015
B6.5-B6.4	5,941	40,00	0,015	47,50	0,20	1,97	61,911	0,096	OK	CUMPLE	0,65	1,282	0,206	0,041
B6.4.1-B6.4	0,942	94,00	0,015	40,96	0,20	1,83	57,489	0,016	OK	CUMPLE	0,38	0,696	0,086	0,017
B6.4-B6.3	7,221	40,00	0,015	62,50	0,20	2,26	71,016	0,102	OK	CUMPLE	0,65	1,470	0,211	0,042
B6.3.1-B6.3	0,483	94,00	0,015	17,55	0,20	1,20	37,635	0,013	OK	CUMPLE	0,36	0,431	0,077	0,015
B6.3-B6.2	8,017	35,00	0,015	38,57	0,20	1,78	55,789	0,144	OK	CUMPLE	0,72	1,279	0,250	0,050
B6.2-B6.1	9,008	70,88	0,015	84,65	0,20	2,63	82,648	0,109	OK	CUMPLE	0,67	1,764	0,221	0,044
B6.1-B6	10,070	129,57	0,015	23,15	0,20	1,38	43,224	0,233	OK	CUMPLE	0,82	1,129	0,324	0,065
B6-B5	23,545	84,00	0,015	71,43	0,20	2,42	75,920	0,310	OK	CUMPLE	0,89	2,152	0,381	0,076
B5-B4	26,202	160,54	0,015	43,60	0,20	1,89	59,317	0,442	OK	CUMPLE	0,97	1,832	0,464	0,093
B4-B3	29,558	185,99	0,012	7,26	0,20	0,96	30,252	0,977	OK	CUMPLE	1,03	0,992	0,894	0,179
B3-B2	30,428	56,17	0,015	24,03	0,20	1,40	44,039	0,691	OK	CUMPLE	1,06	1,487	0,620	0,124
B2-B1	33,470	148,84	0,012	9,07	0,20	1,08	33,817	0,990	OK	CUMPLE	1,02	1,099	0,935	0,187
B1-A15	35,233	121,65	0,015	21,04	0,20	1,31	41,208	0,855	OK	CUMPLE	1,07	1,404	0,742	0,148
A15.1-A15	0,314	42,67	0,012	3,98	0,20	0,71	22,413	0,014	OK	CUMPLE	0,37	0,264	0,080	0,016
A15-A14	36,030	65,47	0,015	51,17	0,20	2,05	64,257	0,561	OK	CUMPLE	1,02	2,087	0,537	0,107
A14,1-A14	0,507	49,57	0,015	63,95	0,20	2,29	71,835	0,007	OK	CUMPLE	0,3	0,686	0,057	0,011
A14-A13	37,262	116,62	0,012	11,58	0,20	1,22	38,204	0,975	OK	CUMPLE	1,03	1,253	0,894	0,179
A13,1-A13	0,435	57,14	0,015	99,58	0,20	2,85	89,640	0,005	OK	CUMPLE	0,28	0,799	0,049	0,010
A13-A12	38,300	83,63	0,015	27,86	0,20	1,51	47,415	0,808	OK	CUMPLE	1,08	1,631	0,705	0,141
A12,1-A12	0,314	59,73	0,015	88,40	0,20	2,69	84,458	0,004	OK	CUMPLE	0,26	0,699	0,044	0,009
A12-A11	38,928	59,11	0,015	106,92	0,20	2,96	92,885	0,419	OK	CUMPLE	0,96	2,840	0,451	0,090
A11.1-A11	0,338	60,11	0,015	49,24	0,20	2,01	63,036	0,005	OK	CUMPLE	0,28	0,562	0,049	0,010

Continuación de la tabla 37

Tramo	Gasto de diseño (l/s)	Longitud (m)	Coef n	Pend. (0/00)	Diámetro (m)	Sección plena		(Qr/Qc)<1		Velocidad permisible (5-0,60 m/seg)	Vr/Vc* (adim)	Vr (m/s)	H* (adim)	H/D (m)
						Vc (l/s)	Qc (m/s)	Valor	Cond.					
A11.3-A11.2	0,459	46,36	0,015	29,12	0,20	1,54	48,475	0,009	OK	CUMPLE	0,33	0,509	0,065	0,013
A11.2-A11	2,415	128,16	0,015	68,74	0,20	2,37	74,478	0,032	OK	CUMPLE	0,47	1,115	0,120	0,024
A11-A10	41,971	59,50	0,012	20,17	0,20	1,61	50,427	0,832	OK	CUMPLE	1,08	1,734	0,721	0,144
A10.2-A10.1	0,411	46,36	0,015	125,11	0,20	3,20	100,476	0,004	OK	CUMPLE	0,26	0,832	0,044	0,009
A10.1-A10	2,149	128,16	0,012	4,21	0,20	0,73	23,049	0,093	OK	CUMPLE	0,64	0,470	0,203	0,041
A10-A9	44,603	94,08	0,015	31,99	0,20	1,62	50,810	0,878	OK	CUMPLE	1,07	1,731	0,761	0,152
A9.1-A9	0,507	58,70	0,015	127,09	0,20	3,23	101,267	0,005	OK	CUMPLE	0,28	0,903	0,049	0,010
A9-A8	45,617	89,75	0,015	36,43	0,20	1,73	54,222	0,841	OK	CUMPLE	1,07	1,848	0,729	0,146
A8,1-A8	0,435	57,81	0,015	250,30	0,20	4,53	142,119	0,003	OK	CUMPLE	0,24	1,086	0,038	0,008
A8-A7	47,042	121,53	0,015	42,29	0,20	1,86	58,420	0,805	OK	CUMPLE	1,08	2,009	0,701	0,140
A7.1-A7	0,338	54,84	0,015	212,62	0,20	4,17	130,984	0,003	OK	CUMPLE	0,24	1,001	0,038	0,008
A7-A6	47,936	145,89	0,015	50,79	0,20	2,04	64,020	0,749	OK	CUMPLE	1,07	2,182	0,660	0,132
A24.1-A24	0,266	75,49	0,015	8,61	0,20	0,84	26,359	0,010	OK	CUMPLE	0,34	0,285	0,068	0,014
A24-A23	0,507	65,80	0,012	10,79	0,20	1,17	36,885	0,014	OK	CUMPLE	0,37	0,435	0,080	0,016
A23-A22	1,618	117,97	0,015	11,44	0,20	0,97	30,388	0,053	OK	CUMPLE	0,55	0,532	0,153	0,031
A22.1-A22	0,411	63,83	0,015	112,49	0,20	3,03	95,273	0,004	OK	CUMPLE	0,26	0,789	0,044	0,009
A22-A21	2,777	85,60	0,015	22,43	0,20	1,35	42,543	0,065	OK	CUMPLE	0,58	0,786	0,170	0,034
A21.1-A21	0,314	60,90	0,015	41,22	0,20	1,84	57,670	0,005	OK	CUMPLE	0,28	0,514	0,049	0,010
A21-A20	3,598	58,58	0,015	68,28	0,20	2,36	74,229	0,048	OK	CUMPLE	0,53	1,253	0,145	0,029
A20-A19	3,864	57,89	0,015	27,29	0,20	1,49	46,929	0,082	OK	CUMPLE	0,62	0,927	0,191	0,038
A19.1-A19	0,314	59,86	0,015	53,79	0,20	2,10	65,884	0,005	OK	CUMPLE	0,28	0,587	0,049	0,010
A19-A18	5,289	95,58	0,015	13,50	0,20	1,05	33,001	0,160	OK	CUMPLE	0,74	0,778	0,268	0,054
A18-A17	5,989	88,75	0,015	42,14	0,20	1,86	58,314	0,103	OK	CUMPLE	0,65	1,207	0,211	0,042

Continuación de la tabla 37

Tramo	Gasto de diseño (l/s)	Longitud (m)	Coef n	Pend. (0/00)	Diámetro (m)	Sección plena		(Qr/Qc)<1		Velocidad permisible (5-0,60 m/seg)	Vr/Vc* (adim)	Vr (m/s)	H* (adim)	H/D (m)
						Vc (l/s)	Qc (m/s)	Valor	Cond.					
A17-A16	6,955	114,08	0,015	69,69	0,20	2,39	74,989	0,093	OK	CUMPLE	0,64	1,528	0,203	0,041
A16-A6	7,245	123,79	0,015	7,76	0,20	0,80	25,016	0,290	OK	CUMPLE	0,87	0,693	0,367	0,073
A28-A27	0,990	95,86	0,015	47,26	0,20	1,97	61,752	0,016	OK	CUMPLE	0,38	0,747	0,086	0,017
A27.1-A27	0,241	56,48	0,015	6,20	0,20	0,71	22,362	0,011	OK	CUMPLE	0,35	0,249	0,071	0,014
A27-A26	1,980	87,68	0,015	206,32	0,20	4,11	129,029	0,015	OK	CUMPLE	0,38	1,561	0,083	0,017
A26.1-A26	0,241	51,65	0,015	271,06	0,20	4,71	147,893	0,002	OK	CUMPLE	0,21	0,989	0,032	0,006
A26-A25	2,898	110,69	0,015	163,97	0,20	3,66	115,028	0,025	OK	CUMPLE	0,44	1,612	0,106	0,021
A25.1-A25	0,241	38,99	0,015	97,46	0,20	2,82	88,682	0,003	OK	CUMPLE	0,24	0,678	0,038	0,008
A25-A6	3,405	119,01	0,015	67,64	0,20	2,35	73,880	0,046	OK	CUMPLE	0,52	1,223	0,143	0,029
A6-A5	60,082	149,22	0,015	47,58	0,20	1,97	61,963	0,970	OK	CUMPLE	1,04	2,052	0,883	0,177
A32-A31	2,656	186,28	0,015	24,00	0,20	1,40	44,004	0,060	OK	CUMPLE	0,57	0,799	0,163	0,033
A31-A30	3,598	86,38	0,015	31,84	0,20	1,61	50,685	0,071	OK	CUMPLE	0,59	0,952	0,177	0,035
A30-A29	4,081	60,47	0,015	20,84	0,20	1,31	41,005	0,100	OK	CUMPLE	0,65	0,849	0,211	0,042
A29-A38	4,540	64,15	0,015	21,04	0,20	1,31	41,208	0,110	OK	CUMPLE	0,67	0,879	0,221	0,044
A41.1-A41	0,555	74,59	0,015	18,10	0,20	1,22	38,216	0,015	OK	CUMPLE	0,68	0,828	0,226	0,045
A41-A40	2,584	184,98	0,015	12,92	0,20	1,03	32,289	0,080	OK	CUMPLE	0,61	0,627	0,188	0,038
A40.1-A40	0,459	94,28	0,015	42,00	0,20	1,85	58,218	0,008	OK	CUMPLE	0,32	0,593	0,061	0,012
A40.2-A40	0,869	67,94	0,015	50,49	0,20	2,03	63,827	0,014	OK	CUMPLE	0,37	0,752	0,080	0,016
A40-A39	4,757	87,44	0,015	30,54	0,20	1,58	49,639	0,096	OK	CUMPLE	0,65	1,028	0,206	0,041
A39.1-A39	0,362	95,08	0,015	20,30	0,20	1,29	40,472	0,009	OK	CUMPLE	0,33	0,425	0,065	0,013
A39.2-A39	0,700	65,63	0,015	51,04	0,20	2,04	64,178	0,011	OK	CUMPLE	0,35	0,715	0,071	0,014
A39-A38	6,182	60,40	0,015	12,25	0,20	1,00	31,442	0,197	OK	CUMPLE	0,78	0,781	0,297	0,059
A38.1-A38	0,652	93,26	0,015	9,54	0,20	0,88	27,750	0,023	OK	CUMPLE	0,43	0,380	0,102	0,020

Continuación de la tabla 37

Tramo	Gasto de diseño (l/s)	Longitud (m)	Coef n	Pend. (0/00)	Diámetro (m)	Sección plena		(Qr/Qc)<1		Velocidad permisible (5-0,60 m/seg)	Vr/Vc* (adim)	Vr (m/s)	H* (adim)	H/D (m)
						Vc (l/s)	Qc (m/s)	Valor	Cond.					
A38-A37	11,736	55,55	0,015	24,30	0,20	1,41	44,284	0,265	OK	CUMPLE	0,85	1,199	0,346	0,069
A37.1-A37	0,652	89,64	0,015	35,48	0,20	1,70	53,503	0,012	OK	CUMPLE	0,36	0,613	0,074	0,015
A37.2-A37	0,362	62,85	0,015	96,58	0,20	2,81	88,280	0,004	OK	CUMPLE	0,26	0,731	0,044	0,009
A37-A36	13,499	97,15	0,015	56,51	0,20	2,15	67,528	0,200	OK	CUMPLE	0,79	1,699	0,301	0,060
A36.1-A36	0,797	91,60	0,015	21,94	0,20	1,34	42,079	0,019	OK	CUMPLE	0,41	0,549	0,093	0,019
A36.2-A36	0,362	65,36	0,015	132,50	0,20	3,29	103,400	0,004	OK	CUMPLE	0,26	0,856	0,044	0,009
A36-A35	15,335	88,55	0,015	251,16	0,20	4,53	142,361	0,108	OK	CUMPLE	0,67	3,038	0,221	0,044
A35.1-A35	0,652	90,01	0,015	50,11	0,20	2,03	63,586	0,010	OK	CUMPLE	0,34	0,689	0,068	0,014
A35.2-A35	0,362	69,31	0,015	239,79	0,20	4,43	139,103	0,003	OK	CUMPLE	0,24	1,063	0,038	0,008
A35-A34	17,339	106,88	0,015	131,08	0,20	3,28	102,846	0,169	OK	CUMPLE	0,76	2,489	0,276	0,055
A34.1-A34	0,459	74,67	0,015	4,96	0,20	0,64	19,996	0,023	OK	CUMPLE	0,43	0,274	0,102	0,020
A34-A33	20,599	243,72	0,015	70,41	0,20	2,40	75,376	0,273	OK	CUMPLE	0,86	2,064	0,353	0,071
A33-A5	20,609	4,12	0,015	283,98	0,20	4,82	151,378	0,136	OK	CUMPLE	0,71	3,423	0,245	0,049
A5.3-A5.2	0,966	99,61	0,015	13,55	0,20	1,05	33,070	0,029	OK	CUMPLE	0,45	0,474	0,114	0,023
A5.2-A5.1	3,019	167,98	0,015	17,86	0,20	1,21	37,962	0,080	OK	CUMPLE	0,61	0,737	0,188	0,038
A5.1-A5	4,347	95,12	0,015	78,85	0,20	2,54	79,765	0,054	OK	CUMPLE	0,55	1,397	0,155	0,031
A5-A4	87,153	153,19	0,012	36,56	0,25	2,51	123,120	0,708	OK	CUMPLE	1,06	2,660	0,633	0,158
A70.1-A70	1,811	172,64	0,015	6,43	0,20	0,73	22,778	0,080	OK	CUMPLE	0,61	0,442	0,188	0,038
A70-A64	3,502	139,05	0,015	22,08	0,20	1,34	42,209	0,083	OK	CUMPLE	0,62	0,833	0,192	0,038
A61.1-A61	0,012	11,00	0,015	36,36	0,20	1,73	54,169	0,000	OK	CUMPLE	0,17	0,293	0,023	0,005
A61-A62	0,543	101,39	0,015	26,14	0,20	1,46	45,924	0,012	OK	CUMPLE	0,36	0,527	0,074	0,015
A62-A63	0,978	62,90	0,015	20,67	0,20	1,30	40,838	0,024	OK	CUMPLE	0,43	0,559	0,104	0,021
A63.1-A63	0,386	37,49	0,015	37,88	0,20	1,76	55,285	0,007	OK	CUMPLE	0,3	0,528	0,057	0,011

Continuación de la tabla 37

Tramo	Gasto de diseño (l/s)	Longitud (m)	Coef n	Pend. (0/00)	Diámetro (m)	Sección plena		(Qr/Qc)<1		Velocidad permisible (5-0,60 m/seg)	Vr/Vc* (adim)	Vr (m/s)	H* (adim)	H/D (m)
						Vc (l/s)	Qc (m/s)	Valor	Cond.					
A63-A64	1,847	84,21	0,015	49,64	0,20	2,02	63,288	0,029	OK	CUMPLE	0,45	0,907	0,114	0,023
A64-A49	6,291	145,30	0,015	18,86	0,20	1,24	39,009	0,161	OK	CUMPLE	0,74	0,919	0,268	0,054
A49.1-A49	0,869	94,76	0,012	3,48	0,20	0,67	20,954	0,041	OK	CUMPLE	0,51	0,340	0,135	0,027
A49.3-A49.2	0,411	42,00	0,015	35,71	0,20	1,71	53,683	0,008	OK	CUMPLE	0,32	0,547	0,061	0,012
A49.2-A49	1,232	104,00	0,015	60,00	0,20	2,22	69,582	0,018	OK	CUMPLE	0,4	0,886	0,091	0,018
A49-A48	10,130	188,67	0,015	7,63	0,20	0,79	24,817	0,408	OK	CUMPLE	0,95	0,751	0,445	0,089
A59-A60	0,459	103,63	0,015	13,03	0,20	1,03	32,422	0,014	OK	CUMPLE	0,37	0,382	0,080	0,016
A60-A48	1,376	90,02	0,015	30,77	0,20	1,59	49,830	0,028	OK	CUMPLE	0,45	0,714	0,112	0,022
A48-A47	12,038	88,79	0,015	52,93	0,20	2,08	65,356	0,184	OK	CUMPLE	0,77	1,603	0,285	0,057
A47.1-A47	1,690	170,75	0,015	5,86	0,20	0,69	21,739	0,078	OK	CUMPLE	0,61	0,422	0,186	0,037
A47-A46	14,091	59,15	0,015	5,07	0,20	0,64	20,230	0,697	OK	CUMPLE	1,06	0,683	0,620	0,124
46.1-BV46	1,546	175,37	0,015	7,41	0,20	0,78	24,458	0,063	OK	CUMPLE	0,57	0,444	0,167	0,033
A46-A45	15,950	55,39	0,015	16,97	0,20	1,18	37,006	0,431	OK	CUMPLE	0,96	1,131	0,458	0,092
A45.1-A45	1,473	180,23	0,015	6,66	0,20	0,74	23,179	0,064	OK	CUMPLE	0,58	0,428	0,168	0,034
A45-A44	18,075	95,82	0,015	45,08	0,20	1,92	60,316	0,300	OK	CUMPLE	0,88	1,690	0,374	0,075
A44.1-A44	2,656	178,41	0,015	22,20	0,20	1,35	42,321	0,063	OK	CUMPLE	0,57	0,768	0,167	0,033
A44-A43	21,528	90,46	0,015	39,91	0,20	1,81	56,747	0,379	OK	CUMPLE	0,93	1,681	0,426	0,085
A72.1-A72	0,652	78,30	0,015	17,24	0,20	1,19	37,300	0,017	OK	CUMPLE	0,39	0,463	0,088	0,018
A72-A68	1,546	111,61	0,015	15,68	0,20	1,13	35,570	0,043	OK	CUMPLE	0,51	0,578	0,138	0,028
A69.1-A69	0,290	34,71	0,015	38,89	0,20	1,78	56,022	0,005	OK	CUMPLE	0,28	0,500	0,049	0,010
A69.2-A69	0,241	47,16	0,015	52,16	0,20	2,07	64,878	0,004	OK	CUMPLE	0,26	0,537	0,044	0,009
A69-A68	1,280	103,02	0,015	22,33	0,20	1,35	42,444	0,030	OK	CUMPLE	0,46	0,622	0,116	0,023
A68-A67	3,671	85,67	0,015	37,94	0,20	1,76	55,328	0,066	OK	CUMPLE	0,58	1,022	0,171	0,034

Continuación de la tabla 37

Tramo	Gasto de diseño (l/s)	Longitud (m)	Coef n	Pend. (0/00)	Diámetro (m)	Sección plena		(Qr/Qc)<1		Velocidad permisible (5-0,60 m/seg)	Vr/Vc*	Vr (m/s)	H* (adim)	H/D (m)
						Vc (l/s)	Qc (m/s)	Valor	Cond.					
A71.2.1-A71.2	0,652	74,31	0,015	22,88	0,20	1,37	42,965	0,015	OK	CUMPLE	0,38	0,520	0,083	0,017
A71.2-A71.1	1,932	169,03	0,015	17,81	0,20	1,21	37,907	0,051	OK	CUMPLE	0,54	0,652	0,151	0,030
A71.1-A71	2,487	70,00	0,015	33,29	0,20	1,65	51,826	0,048	OK	CUMPLE	0,53	0,875	0,145	0,029
A71-A67	4,081	93,50	0,015	17,65	0,20	1,20	37,736	0,108	OK	CUMPLE	0,67	0,805	0,221	0,044
A67-A54	8,597	107,68	0,015	12,54	0,20	1,01	31,807	0,270	OK	CUMPLE	0,86	0,871	0,353	0,071
A58.1-A58	0,241	15,65	0,015	42,17	0,20	1,86	58,336	0,004	OK	CUMPLE	0,26	0,483	0,044	0,009
A58-A57	0,483	38,67	0,015	55,60	0,20	2,13	66,981	0,007	OK	CUMPLE	0,3	0,640	0,057	0,011
A57-A55	0,797	46,88	0,015	28,80	0,20	1,54	48,205	0,017	OK	CUMPLE	0,39	0,599	0,088	0,018
A56-A55	0,241	48,17	0,015	23,04	0,20	1,37	43,121	0,006	OK	CUMPLE	0,29	0,398	0,053	0,011
A55-A54	1,425	61,64	0,015	84,36	0,20	2,63	82,507	0,017	OK	CUMPLE	0,39	1,025	0,088	0,018
A54-A53	10,505	63,74	0,015	19,61	0,20	1,27	39,780	0,264	OK	CUMPLE	0,85	1,077	0,346	0,069
A53.1-A53	0,990	117,92	0,015	56,99	0,20	2,16	67,812	0,015	OK	CUMPLE	0,38	0,821	0,083	0,017
A53-A52	11,978	50,33	0,015	24,84	0,20	1,43	44,767	0,268	OK	CUMPLE	0,86	1,226	0,353	0,071
A66.1-A66	0,459	67,06	0,015	16,55	0,20	1,16	36,547	0,013	OK	CUMPLE	0,36	0,419	0,077	0,015
A66-A65	0,700	50,49	0,015	64,37	0,20	2,30	72,070	0,010	OK	CUMPLE	0,34	0,780	0,068	0,014
A65-A52	1,811	125,26	0,015	89,57	0,20	2,71	85,018	0,021	OK	CUMPLE	0,42	1,137	0,098	0,020
A52-A51	14,538	93,71	0,015	13,87	0,20	1,07	33,458	0,435	OK	CUMPLE	0,96	1,023	0,458	0,092
A51-A50	15,359	91,56	0,015	21,95	0,20	1,34	42,088	0,365	OK	CUMPLE	0,92	1,233	0,414	0,083
A50-A43	17,291	177,95	0,015	99,69	0,20	2,86	89,690	0,193	OK	CUMPLE	0,78	2,228	0,293	0,059
A43-A42	39,906	104,77	0,012	13,74	0,25	1,54	75,494	0,529	OK	CUMPLE	1,01	1,554	0,519	0,130
A42.1-A42	0,459	90,36	0,015	84,00	0,20	2,62	82,329	0,006	OK	CUMPLE	0,29	0,760	0,053	0,011
A42-A4	43,190	374,04	0,012	19,73	0,20	1,59	49,877	0,866	OK	CUMPLE	1,07	1,700	0,751	0,150
A4-A3	131,682	95,88	0,012	85,63	0,25	3,84	188,433	0,699	OK	CUMPLE	1,07	4,110	0,620	0,155

Continuación de la tabla 37

Tramo	Gasto de diseño (l/s)	Longitud (m)	Coef n	Pend. (0/00)	Diámetro (m)	Sección plena		(Qr/Qc)<1		Velocidad permisible (5-0,60 m/seg)	Vr/Vc* (adim)	Vr (m/s)	H* (adim)	H/D (m)
						Vc (l/s)	Qc (m/s)	Valor	Cond.					
A3-A2	133,662	180,00	0,012	23,83	0,30	2,29	161,605	0,827	OK	CUMPLE	1,08	2,470	0,721	0,216
A2.2-A2.1	5,337	142,93	0,015	9,45	0,20	0,88	27,607	0,193	OK	CUMPLE	0,78	0,686	0,293	0,059
A2.1-A2	8,742	170,41	0,015	14,14	0,20	1,08	33,782	0,259	OK	CUMPLE	0,85	0,914	0,346	0,069
A2-A1	143,515	122,36	0,012	11,03	0,38	1,82	206,578	0,695	OK	CUMPLE	1,06	1,932	0,620	0,236
A1.1-A1	1,183	149,10	0,015	62,98	0,20	2,27	71,287	0,017	OK	CUMPLE	0,39	0,885	0,088	0,018
A1-LO	146,872	332,00	0,012	26,36	0,38	2,82	319,280	0,460	OK	CUMPLE	0,98	2,760	0,476	0,181

Fuente: Autores.

Tabla 38. Hidráulica de los nuevos colectores de la red 2 para el año 2060.

Tramo	Gasto de diseño (l/s)	Longitud (m)	Coef n	Pend. (0/00)	Diámetro (m)	Sección plena		(Qr/Qc)<1		Condición velocidad permisible (5-0,60 m/seg)	Vr/Vc* (adim)	Vr (m/s)	H* (adim)	H/D (m)
						Vc (l/s)	Qc (m/s)	Valor	Cond					
C4.2-C4.1	11,078	89,00	0,015	44,94	0,20	1,92	60,222	0,184	OK	CUMPLE	0,77	1,477	0,285	0,057
C4.1-C4	27,987	89,00	0,015	11,00	0,20	0,95	29,793	0,939	OK	CUMPLE	1,05	0,996	0,834	0,167
C4-C3	34,983	40,00	0,015	8,25	0,25	0,95	46,791	0,748	OK	CUMPLE	1,07	1,020	0,660	0,165
C3.2-C3.1	16,909	89,00	0,015	46,07	0,20	1,94	60,970	0,277	OK	CUMPLE	0,86	1,670	0,360	0,072
C3.1-C3	33,817	89,00	0,015	13,58	0,25	1,22	60,042	0,563	OK	CUMPLE	1,02	1,248	0,537	0,134
C3-C2	75,797	40,00	0,015	33,75	0,25	1,93	94,640	0,801	OK	CUMPLE	1,07	2,064	0,697	0,174
C2.2-C2.1	16,909	89,00	0,015	35,96	0,20	1,72	53,864	0,314	OK	CUMPLE	0,89	1,527	0,381	0,076
C2.1-C2	33,817	89,00	0,015	16,39	0,20	1,16	36,371	0,930	OK	CUMPLE	1,06	1,228	0,821	0,164
C2-C1	116,611	40,00	0,012	15,00	0,30	1,81	128,206	0,910	OK	CUMPLE	1,07	1,942	0,797	0,239

Continuación de la tabla 38

Tramo	Gasto de diseño (l/s)	Longitud (m)	Coef n	Pend. (0/00)	Diámetro (m)	Sección plena		(Qr/Qc)<1		Condición velocidad permisible (5-0,60 m/seg)	Vr/Vc* (adim)	Vr (m/s)	Vr/Vc* (adim)	Vr (m)
						Vc (l/s)	Qc (m/s)	Vc (l/s)	Qc (m/s)					
C1.2-C1.1	11,078	89,00	0,015	11,24	0,20	0,96	30,111	0,368	OK	CUMPLE	0,93	0,892	0,420	0,084
C1.1-C1	27,987	89,00	0,015	11,90	0,20	0,99	30,986	0,903	OK	CUMPLE	1,07	1,056	0,786	0,157
C1-FP	152,760	29,58	0,015	33,81	0,30	2,18	153,976	0,992	OK	CUMPLE	1,02	2,223	0,935	0,281

Fuente: Autores.

Tabla 39. Hidráulica de los nuevos colectores de la red 3 para el año 2060.

Tramo	Gasto de diseño (l/s)	Longitud (m)	Coef n	Pend. (0/00)	Diámetro (m)	Sección plena		(Qr/Qc)<1		Condición velocidad permisible (5-0,60 m/seg)	Vr/Vc* (adim)	Vr (m/s)	H* (adim)	H/D (m)
						Vc (l/s)	Qc (m/s)	Valor	Cond.					
D6.1-D6	3,020	125,78	0,015	34,50	0,20	1,68	52,766	0,057	OK	CUMPLE	0,56	0,941	0,159	0,032
D6.2.1-D6.2	2,049	30,33	0,015	98,91	0,20	2,85	89,339	0,023	OK	CUMPLE	0,43	1,223	0,102	0,020
D6.2-D6	4,530	82,21	0,015	24,33	0,20	1,41	44,307	0,102	OK	CUMPLE	0,65	0,917	0,211	0,042
D6-D5	8,737	46,30	0,015	29,16	0,20	1,54	48,506	0,180	OK	CUMPLE	0,77	1,189	0,285	0,057
D5.1-D5	4,315	101,80	0,015	23,08	0,20	1,37	43,160	0,100	OK	CUMPLE	0,65	0,893	0,211	0,042
D5.2-D5	4,854	112,01	0,015	65,62	0,20	2,32	72,767	0,067	OK	CUMPLE	0,58	1,344	0,172	0,034
D5-D4	20,063	70,00	0,015	19,29	0,20	1,26	39,449	0,509	OK	CUMPLE	1,00	1,256	0,506	0,101
D4.1-D4	4,422	102,56	0,015	36,08	0,20	1,72	53,955	0,082	OK	CUMPLE	0,62	1,065	0,191	0,038
D4.2-D4	5,933	109,25	0,015	75,06	0,20	2,48	77,824	0,076	OK	CUMPLE	0,60	1,487	0,183	0,037
D4-D3	32,683	57,52	0,015	17,39	0,20	1,19	37,455	0,873	OK	CUMPLE	1,07	1,276	0,756	0,151
D3.3-D3.2	2,481	75,60	0,015	17,86	0,20	1,21	37,960	0,065	OK	CUMPLE	0,58	0,701	0,170	0,034
D3.2-D3.1	3,775	57,52	0,015	23,47	0,20	1,39	43,519	0,087	OK	CUMPLE	0,63	0,873	0,596	0,119

Continuación de la tabla 39

Tramo	Gasto de diseño (l/s)	Longitud (m)	Coef n	Pend. (0/00)	Diámetro (m)	Sección plena		(Qr/Qc)<1		Condición velocidad permisible (5-0,60 m/seg)	Vr/Vc*	Vr	H*	H/D
						Vc (l/s)	Qc (m/s)	Valor	Cond.					
D3.1-D3	6,472	103,69	0,015	19,29	0,20	1,26	39,452	0,164	OK	CUMPLE	0,74	0,930	0,268	0,054
D3-D2	41,204	50,00	0,015	60,00	0,20	2,22	69,582	0,592	OK	CUMPLE	1,03	2,282	0,556	0,111
D2.3.1-D2.3	2,589	91,50	0,015	14,75	0,20	1,10	34,504	0,075	OK	CUMPLE	0,60	0,659	0,182	0,036
D2.3-D2.2	4,315	88,96	0,015	5,62	0,20	0,68	21,296	0,203	OK	CUMPLE	0,79	0,536	0,301	0,060
D2.2-D2.1	7,766	82,58	0,015	89,61	0,20	2,71	85,035	0,091	OK	CUMPLE	0,64	1,733	0,201	0,040
D2.1-D2	10,894	116,24	0,012	2,92	0,20	0,61	19,204	0,567	OK	CUMPLE	1,03	0,630	0,543	0,109
D2-D1	53,717	44,40	0,012	30,41	0,20	1,97	61,916	0,868	OK	CUMPLE	1,07	2,110	0,751	0,150
D10.1-D10	4,854	87,93	0,015	15,35	0,20	1,12	35,198	0,138	OK	CUMPLE	0,71	0,796	0,245	0,049
D10-D9	10,894	127,30	0,015	10,60	0,20	0,93	29,253	0,372	OK	CUMPLE	0,93	0,866	0,420	0,084
D9-D8	18,984	203,94	0,015	6,62	0,20	0,74	23,112	0,821	OK	CUMPLE	1,08	0,795	0,713	0,143
D8-D7	23,622	88,28	0,015	15,29	0,20	1,12	35,128	0,672	OK	CUMPLE	1,06	1,186	0,607	0,121
D7.1-D7	5,178	152,85	0,015	61,50	0,20	2,24	70,445	0,073	OK	CUMPLE	0,60	1,346	0,180	0,036
D7-D1	30,742	44,47	0,015	120,31	0,20	3,14	98,528	0,312	OK	CUMPLE	0,89	2,793	0,381	0,076
D1-PF	82,409	39,27	0,012	34,38	0,25	2,43	119,395	0,690	OK	CUMPLE	1,06	2,580	0,620	0,155

Fuente: Autores.

4.4.4.2 Ampliación de la red en los sectores que no cubren con el servicio de alcantarillado.

Implementación de colectores requeridos para poder prestar el servicio a los sectores donde no existe una red de recolección de aguas servidas, considerando tuberías de PVC con un diámetro mínimo de 200mm, aplicando la técnica con zanja. El tratamiento de las aguas recolectadas por las redes complementarias se automatizará a partir de filtros purificadores. Ahora bien, en la tabla 40 se resume el área de servicio que debe contar cada red que conformarán parte del sistema de alcantarillado de la parroquia Santa Ana.

Tabla 40. Necesidades de ampliación del sistema de recolección de agua servidas en la parroquia Santa Ana.

Zona	Sector de aporte	Coordenadas UTM		No. Bocas de visita
		Norte	Este	
Área 1	La línea, Valle Verde	1028993,52m	317414,59m	12
Área 2	La Montañita, La Cruz de la Paloma	1028612,96m	317844,52m	35
Área 3	Santiago Mariño	1028769,30m	319119,67m	15
Área 4	Juan A. Sotillo	1029384,21m	319463,29m	8

Fuente: Autores.

De este modo, dicha propuesta deberá ser evaluada con los métodos y consideraciones usadas de la Gaceta Oficial N°5318, para que las condiciones hidráulicas requeridas cumplan correctamente en cada uno de los tramos de la red. No obstante, se realizó el trazado de las redes sanitarias faltantes a la zona en estudio, representando los tramos, las bocas de visita y los diámetros de las tuberías. (Ver anexo A.1).

4.4.4.3 Dragado de la laguna de oxidación

Se realiza cuando la laguna está llena con lodos a la mitad de su capacidad. Según los expertos, recomiendan dejar secar la laguna que intentar remover el lodo. Las tuberías de dragado se pueden emplear para el desazolve, pero esta operación es sucia e ineficiente. En ocasiones se llegan a usar cucharas de dragado en forma manual pero también con malos resultados.

En cuanto al retiro de lodos, la mejor forma de hacer es dejando que los lodos queden expuestos al sol. Una vez que los lodos están lo suficientemente deshidratados, se procede retirarlos por el medio que se disponga: carretilla, carretas o mecánicamente. Se recomienda dejar una capa delgada de lodos en el fondo para ayudar al restablecimiento del proceso cuando la laguna nuevamente opere, conservando al mismo tiempo un colchón que proteja el fondo. El lodo extraído conviene depositarlo en tierra en áreas confinadas con impermeabilización para evitar la percolación de contaminantes y evitar daños ambientales a zonas cercanas.

4.4.4.4 Diseño de una planta de tratamiento

En la figura 27, se aprecia el esquema del sistema propuesto. El proceso de tratamiento de las aguas inicia por un tratamiento preliminar estructurado por la unidad de desbaste, el tanque de igualación y un tanque sedimentador. Después el tratamiento secundario se encarga de la degradación de la biomasa mediante un reactor biológico con biopelículas y de un sedimentador secundario con una recirculación intermitente de lodos. El agua proveniente de esta unidad pasará por un proceso de desinfección en la unidad de

cloración; el lodo no recirculado irá directamente al tanque de lodos, luego para su disposición final se dirigirá al lecho de secado.

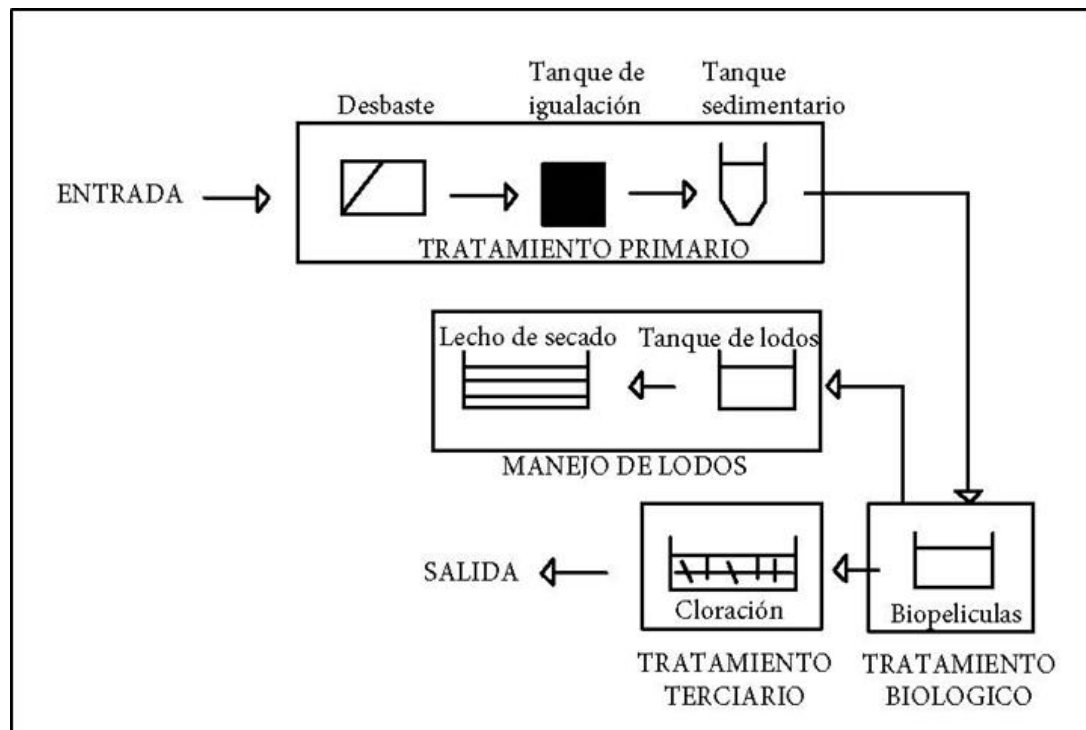


Figura 27. Esquema de la planta de tratamiento.

Fuente: Autores.

De tal forma, tras finalizar el tratamiento de las aguas servidas se logrará obtener un DBO sin que sobrepase el valor normativo aceptable de 60 mg/L establecidos por el Decreto 883, para ser usada hacia el riego agrícola en la parroquia Santa Ana. A continuación, en la tabla 41 se presentan las premisas de diseño de cada proceso de la planta de tratamiento.

Tabla 41. Características y premisas de diseño de la propuesta de la planta de tratamiento.

Proceso	Características	Premisas de diseño
Tratamiento preliminar	Consiste en una unidad de desbaste, que permite remover los sólidos de gran tamaño por medio de rejillas para evitar problemas de taponamiento de tuberías o que lleguen a dañar algún equipo.	<p>Rejillas: Separación de barras $d=1$ a 2 cm, con una inclinación de las barras de un ángulo con la horizontal de 70°.</p> <p>Rejas Medianas: Si la separación entre barras $d=2$ a 5 cm, con una inclinación de las barras de un ángulo con la horizontal de 45°.</p> <p>Se considera que la pared del canal de desbaste de concreto con acabado irregular con un valor medio de Coeficiente de Manning de $0,016$.</p> <p>Se considera que el canal posee 90 cm de ancho, valor superior al mínimo establecido por norma de 35 cm.</p>
Tanque de Igualación	Amortigua el caudal y homogeniza la calidad del efluente para los procesos posteriores. Durante esta operación es importante agitar para mantener los sólidos en suspensión, por medio de la inyección de aire proveniente de un dispositivo por soplado de aire conocido como difusor de burbuja fina para aguas residuales e ingresa al tanque por medio de tuberías.	<p>La tendencia de diseño se inclina hacia un tanque cuadrado.</p> <p>Se considera 1 h de tiempo de duración del caudal máximo, valor superior de acuerdo a la norma que se considera 30 min de tiempo mínimo.</p> <p>Se asume un valor de altura útil de 4 m.</p> <p>Se utilizarán aireadores superficiales.</p>
Tanque sedimentador	Permite la remoción de partículas de menor tamaño disminuyendo la cantidad de sólidos sedimentables que lleguen a las unidades siguientes, permitiendo la separación de líquidos y sólidos, con tiempos de retención suficientes para que sean separadas por gravedad.	<p>Se considera un sedimentador cilíndrico con un cono en el fondo para recolectar los sólidos depositados.</p> <p>Se considera un tiempo de retención de 1.5 h.</p> <p>Se asume una altura útil de $1,50$ m.</p>

Continuación de la tabla 41

Proceso	Características	Premisas de diseño
Tratamiento Secundario	Consiste de un reactor biológico con biopelícula. El reactor se encargará de la degradación de las bacterias que están presentes en las aguas residuales. Adicionalmente, se emplean las biopelículas, que adhieren a las bacterias a una superficie donde estas pueden reproducirse organizadamente bajo un medio protegido.	Se considera una eficiencia de remoción de 90%. Se utilizarán difusores para aguas residuales de burbuja fina para promover la homogeneización de la mezcla. La tendencia de diseño se inclina hacia un tanque rectangular.
Desinfección	Aumenta la calidad del efluente al estándar requerido antes de que éste sea descargado al ambiente receptor. Se utilizará una cámara cloración, ya que se puede aplicar a grandes cantidades de agua y es relativamente barato.	Dosis máxima de cloro es de 20mg/L según las normas INOS, se usará una dosis de 10 mg/L. Se recomienda un factor de punta de 3. Para poblaciones inferiores a 25.000 habitantes equivalentes se utiliza hipoclorito sódico. El caudal medio es de $Q_{ANMed.} = 78,908 \text{ l/s}$; se tiene el consumo diario de cloro: $\frac{\text{Cl}}{\text{dia}} = 10 \text{ mg/l} * 78,908 \text{ l/s} * \frac{86400 \text{ s}}{\text{dia}} *$ $\frac{1 \text{ kg}}{1000000 \text{ mg}} = 68,177 \text{ kg/dia.}$

Fuente: Autores.

4.4.4.5 Diseño de un sistema de manejo de lodo

El proceso de tratamiento de lodos se compone por un tanque de espesamiento por gravedad con lecho de secado y se pone a disposición para usarse como fertilizante. El tanque se emplea como un digestor abierto,

facilitando la degradación, la reducción del volumen y la estabilización del lodo. Con el secado de lodos se intenta reducir el volumen del lodo para facilitar su disposición. En la tabla 42 se presenta las premisas de diseño de cada proceso para el manejo de lodos.

Tabla 42. *Premisas de diseño del sistema de manejo de lodos.*

Tanque de lodos	Lecho de secado
Se considera un tanque de sección cuadrada.	Se considera un tanque con 6 lechos de sección cuadrada.
Se asume una altura útil de 3 m.	Se asume una altura útil de 4 m.
Se considera un tiempo de retención de 1 día.	Se considera 365 días de trabajo.
	La superficie del lecho será cubierta por un medio plástico traslucido de forma tal que se permita el paso de la radiación solar y resguarde al lodo de la intemperie

Fuente: Autores.

4.5 Elaboración de los planos de la propuesta aplicando el programa AutoCAD 2019

En primer lugar, haciendo uso de los croquis levantados en campo, así como de la información otorgada por la oficina de Ingeniería del municipio Santa Ana, sobre el trazado de las redes sanitarias de la ciudad, se procedió a representar los tramos del sistema que pertenecen a la zona en estudio, las bocas de visita, cotas y los diámetros de las tuberías.

Consecutivamente, se inició a ubicar y dibujar el nuevo trazado de las redes, señalando datos necesarios como la nomenclatura de las bocas, los datos hidráulicos de los colectores y otros datos relevantes. Asimismo, se

realizaron los perfiles longitudinales referidos a la topografía modificada los cuales indican: progresiva, cota de terreno, cota de la rasante, número y tipo de las bocas de visita.

Por otra parte, se efectuaron los planos de detalles que indican los tipos de boca de visita, tipos de empotramientos y tipos de apoyo de las tuberías. Cabe agregar, que todos los planos se dibujaron en una escala de dibujo 1:1000 y se presentan en formato ISO-A3 (doble carta) a escala de ploteo. Todos los planos son mostrados en el anexo B de este proyecto.

4.6 Formulación de los análisis de precio unitario (APU) y presupuesto de obra mediante el uso del programa MaPrex 2018

Una vez terminado los trazados y cálculos del nuevo diseño, se procedió a valorar las cantidades de obras que constituyen la implementación de este proyecto, mediante las mediciones de distancias y superficies desde los planos previamente realizados en AutoCAD, mediante el comando DIM, esto para cada cantidad que se deseaba conocer.

Una vez cuantificadas las cantidades de obra a ejecutar, se realizaron los análisis de precios unitarios correspondientes a cada partida a través del *software* Maprex 2018, reflejando los costos directos de cantidad y costos de los materiales, equipos, mano de obra, bonos y prestaciones sociales y lo gastos indirectos como gastos administrativos, utilidades e impuestos municipales. Ahora bien, para el ingreso de datos del presupuesto del referido programa se emplearon los siguientes factores:

Para la mano de obra se utilizó:

- Prestaciones sociales: 416%.
- Horas laborables: 8 horas diarias.
- Impuesto al valor agregado (IVA): 16%.
- Moneda: dólares (\$).
- Porcentaje de administración y gastos: 18%.
- Porcentaje de utilidad: 12%.

Para finalizar, una vez obtenido los APU, se elaboró un presupuesto general de la obra a construir, obteniendo un monto de inversión de 309.840,24\$. Estos análisis se detallan en el anexo C, al final de la investigación.

4.6.1 Disponibilidad de materiales y equipos en la zona

A pesar de que actualmente se encuentra materiales para la construcción en los establecimientos, los productos lo ofertan en dólares y han ido elevándose de la misma manera que muchos de los productos en el país por el estado en que se encuentra la economía. Así pues, el sector ferretero de Santa Ana expresaron que para poder acceder a tuberías con un diámetro mayor de 6", se debe realizar un pedido, debido a que no es frecuente el uso de 8",10",12" y 15" de diámetro. Sin embargo, pueden hacer una dotación según lo que desee el cliente.

Igualmente, hay disponibilidad de arena lavada, arena amarilla, piedra y obtención de sacos de cemento, todos estos con precios dolarizado. No obstante, es importante tener en cuenta que, para adquirir otro tipo de materiales como conos, cilindros, marco y tapas de hierro pesado, se puede

realizar pedidos con precios más accesibles en la página web mercado libre Venezuela. En relación con el alquiler de las máquinas pesadas, el precio varía entre 80\$ y 100\$ el día y en algunos casos la hora, dependiendo el tipo de maquinaria a usar.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Como etapa final, de acuerdo con el desarrollo de los objetivos específicos correspondientes al presente trabajo de investigación, y una vez realizado el nuevo diseño del sistema de recolección y tratamiento de aguas servidas de la parroquia Santa Ana, se plantearon las siguientes conclusiones y recomendaciones:

5.1 Conclusiones

- De la información obtenida en campo y después de comparar el catastro de red de alcantarillado en la parroquia Santa Ana, el tipo de sistema existente es de tipo unitario con mantenimiento preventivo (nulo), provocando que las redes de alcantarillado se deterioren reduciendo así su vida útil. Cabe mencionar, la aplicación SIG permitió realizar la visualización completa de la red y sus componentes, permitiendo la gestión de vistas, elaboración de planos temáticos, procesamiento digital de imágenes, inventario, entre otros, que permitieron una mejor gestión y decisiones acertadas en el desarrollo del proyecto.

- Mediante los censos de población de los años 1990, 2001 y 2011, se realizó la proyección de población para conocer la población futura de la parroquia y así poder evaluar y diseñar el alcantarillado que garantice un mejor funcionamiento. Los datos de la proyección de población para el año 2040 fue de 13467 hab y de 17124 hab para el año 2060.

- Con el análisis del sistema de alcantarillado, se pudo confirmar que, para la fecha, de un total de 194 tramos de tuberías estudiados, 14 tramos no cumplen con los requisitos mínimos de funcionamiento, representando el 15% de las tuberías existentes. Por tal motivo, se generó la alternativa de reemplazar los tramos que no cumplen con la capacidad ni la velocidad mínima, por conductos de mayor capacidad que cumplan con las condiciones hidráulicas. Al mismo tiempo, se plantea una planta de tratamiento que permita mejorar las condiciones de vertido de las aguas servidas, de forma que cumplan con las normativas vigentes establecidas en la Gaceta No.5021. El efluente de este sistema desembocará posteriormente en el río Orocopiche.
- Para el diseño de los nuevos colectores, se utilizó el programa Civil 3D, donde se optó tuberías de PVC por su alta resistencia a la corrosión y ofrecer mayor capacidad de conducción por su bajo coeficiente de fricción con pendientes mínimas, ya que la utilización de otro tipo de tuberías pudiera traer consecuencias negativas. Así mismo, los colectores proyectados se eligieron de 8",10",12",15" y 18" de diámetro, presentando una velocidad mayor o igual a 0,60 m/s y menor a 4,50 m/s.
- Mediante el *software* Autocad 2019, se efectuaron los planos de planta, perfiles longitudinales y detalles de las mejoras del sistema de recolección de aguas servidas de la comunidad. En los cuales se exhiben los parámetros necesarios para la absoluta comprensión de las modificaciones propuestas.
- Teniendo en cuenta la sustitución de nuevos colectores, mediante la aplicación del programa comercial Maprex 2018, se efectuó el presupuesto

en base a las especificaciones señaladas en los planos, determinando los análisis de precios unitarios para cada partida. El monto de inversión para el proyecto es de 309.840,24\$.

5.2 Recomendaciones

- Se debe realizar un plan de mantenimiento preventivo en las redes de aguas servidas actuales y futuras, a fin de garantizar el libre tránsito de los caudales y evitar molestias a la comunidad.
- Evitar sellar las tapas de las bocas de visita con material asfáltico o ningún otro material que dificulte las inspecciones del sistema, ya que, a través de estas se puede observar si las redes de recolección están funcionando de una manera correcta.
- Es importante que las autoridades gubernamentales, es decir al Gobierno del Estado Anzoátegui y la Alcaldía Santa Ana, conjuntamente con el Gobierno Nacional a través del Ministerio del Poder Popular del Ambiente y la empresa Hidrocaribe, asuman la responsabilidad de disponer de los recursos y planificación de obras de mantenimiento del sistema para evitar obstrucciones y de esta manera procurar un mayor periodo de operatividad del sistema.
- La activación inmediata de programas de capacitación del personal de Hidrocaribe y de la Alcaldía Santa Ana, con el fin de asegurar la actualización de los datos de la red para ejercer un mejor control sobre la operación del sistema, por medio de visitas a campo o monitoreos, al

menos una vez al año, y de igual forma, reducir el tiempo de respuesta en la toma de decisiones y así mejorar la calidad de los servicios.

- Es recomendable realizar los cálculos estructurales para la ejecución del proyecto de la planta de tratamiento y su factibilidad económica. Así bien, el implementar la tecnología de biopelículas para el tratamiento de aguas puede generar una alta inversión inicial, pero esta dará frutos a largo plazo, ya que tiene bajo costo en mantenimiento y una vida útil prolongada. Según el decreto 883 no se aceptará la simple dilución de las aguas como único tratamiento para aguas servidas.
- Debido al gran impacto que implica abordar la implementación del presente proyecto, se recomienda la ejecución por etapas, con el fin de evitar incidentes relacionados a la incorporación de múltiples actividades en zonas de alto tránsito peatonal y automovilístico.

BIBLIOGRAFÍA

Arias, F. (2006). *El proyecto de investigación* (1era Ed.). Caracas, Venezuela: Episteme.

Arocha, S. (1983). *Cloaca y drenaje* (1era Ed.). Caracas, Venezuela: Ediciones Vega S.R.L.

Barrios, M. (2006). *Manual de trabajos de grado de especialización y maestría y tesis doctorales* (Primera ed.). Caracas, Venezuela: Universidad Pedagógica Experimental Libertador.

Flores, A. (2016). *Evaluación y propuesta de mejoramiento del sistema de alcantarillado sanitario de las asociaciones pro vivienda 28 de julio, Kantu, Villa Mercedes y Vista Alegre - Cusco, Perú*. (Tesis de Maestría), Universidad Andina Del Cusco, Cusco.

Ghanem, A. (1994). *Rehabilitación de un sistema de recolección de aguas servidas, Puerto la Cruz, Venezuela*. (Tesis de maestría), Universidad de Oriente, Puerto la Cruz.

González, L. (2002). *Metodología para diseñar y evaluar redes de distribución de agua potable (Acueductos)* (1era Ed.). Puerto La Cruz, Venezuela.

Hernández, R., Fernández, C., & Babiata, P. (2010). *Metodología de la investigación* (Quinta ed.). Mexico: McGraw-Hill.

Instituto Nacional de Obras Sanitarias. (1989). *Normas e instructivos para el proyecto de alcantarillados*. Caracas.

Jimenez, J. (2006). *Manual para el diseño de sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario*. (Tesis de maestría), Universidad Veracruzana , Veracruz.

Kena, C. (2013). *Catraso selectivo de servicio público comunitario del sistema de alcantarillado de aguas residuales del barrio Ziruma del Municipio Maracaibo del Estado Zulia*. (Tesis de maestría), Universidad del Zulia, Maracaibo.

Lopez, L. (1990). *Agua, instalaciones sanitarias en los edificios*. Maracay, Venezuela: Luis Lopez.

Marea, F., & Reyes, C. (2008). *Diseño de un sistema de aguas negras y tubería de impulsión en los barrios Álvarez Bajares, Bella Vista y Espejo 2 de Barcelona, Estado Anzoátegui*. (Tesis de Maestría), Universidad de Oriente, Barcelona.

Martinez, C., Montero, D., & Querales, G. (2003). *Anteproyecto de los sistemas de abastecimiento, recolección, disposición y drenaje de aguas de la comunidad Maitana, Municipio Guaicapuro, Edo. Miranda*. (Tesis de maestría), Universidad Central de Venezuela, Caracas.

Norma COVENIN- MINDUR 2000. (1992). *Mediciones y codificaciones de partidas para estudios, proyectos y construccion*. Caracas.

Normas e instructivos para el proyecto de alcantarillado. (1999). *Gaceta Oficial de la República de Venezuela, 5318*. (Extraordinaria), 06-04-99.

Normas para proyecto, construcción, reparación, reforma y mantenimiento de edificaciones. (1988). *Gaceta Oficial de la Republica de Venezuela, 4044*. 07-07-88.

Noyola, A., Morgan, J., & Guereca, L. (2013). *Selección de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales municipales: Guía de apoyo para ciudades medianas* (Primera ed.). Mexico: UNAM.

Palacios, A. (2004). *Acueductos, cloacas y drenajes*. Caracas, Venezuela: Publicaciones UCAB.

Sánchez, & Fermín. (2012). *Estudio preliminar para el sistema de aguas servidas en la zona de Vidoño y Putuacal, en los municipios Bolívar y Sotillo del estado Anzoátegui* (1era Ed.). Barcelona, Anzoátegui, Venezuela: Fondo Editorial UDO-Anzoatgui.

HOJAS DE METADATOS

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 1/6

Título	Evaluación del sistema de recolección, tratamiento y disposición final de aguas servidas del Municipio Santa Ana, Estado Anzoátegui.
Subtítulo	

Autor(es)

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
Bucan Turipe, Domerlyng del C.	CVLAC	25.567.250
	e-mail	Domerlyngbucan14@gmail.com
	e-mail	
Maita Rivas, Aracelis Francisca.	CVLAC	21.176.307
	e-mail	aracelis.maita.r1231@gmail.com
	e-mail	

Palabras o frases claves:

Evaluación
Análisis
Alcantarillado
Hidráulica

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 2/6

Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Subárea
Ingeniería y Ciencias Aplicadas	Ingeniería Civil

Resumen (abstract):

Las empresas dedicadas a la actividad de alcantarillado presentan una serie de deficiencias para la gestión y optimización de las condiciones de saneamiento y salud en las comunidades. Tal es el caso de la parroquia Santa Ana, perteneciente al Municipio Santa Ana del estado Anzoátegui, donde carece de un sistema apropiado para sus aguas servidas y cuyas tuberías que conforman el sistema, algunas se encuentran colapsadas, ocasionando malestar a sus habitantes en la salud y en lo social. Por este motivo, el objetivo de esta investigación tuvo como finalidad la evaluación de las redes de recolección y tratamiento de aguas negras existentes del lugar, reflejando que el sistema en general se encuentra en buen funcionamiento, presentando 14 tramos que no cumplen con los requisitos mínimos de funcionamiento de 194 tramos de tuberías estudiados, proponiendo la idea de realizar los estudios necesarios para la rehabilitación (sustitución) de 1889km de redes de agua con tubería de PVC aplicando la tecnología con zanja, capaz de servir a los habitantes hasta el año 2060, permitiendo asegurar el mejoramiento de la operación del sistema de alcantarillado, la salubridad del entorno urbano y preservar la salud de la población. Asimismo, se sugiere una planta de tratamiento que permita mejorar las condiciones de vertido de las aguas servidas. Finalmente, el método descrito en este trabajo consistió en la ejecución de actividades en campo, elaboración de planos, cómputos métricos y presupuestos con la ayuda de softwares; y, especificaciones técnicas empleando los criterios de las normas sanitarias venezolanas.

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 3/6

Contribuidores:

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail										
Msc. Rojas, Laurimar	ROL	CA		AS	X	TU		JU			
		x									
	CVLAC	V-15.563.371									
	e-mail	laurimarrojas@udo.edu.ve									
	e-mail										
Cabrera Velásquez, Daniel Cabrera	ROL	CA		AS		TU		JU			
		x									
	CVLAC	V-17.421.606									
	e-mail	danielcabrera@udo.edu.com									
	e-mail										
Ing. González, Anabel	ROL	CA		AS		TU		JU			
		x									
	CVLAC	V-16.573.233									
	e-mail	gonzalez85anabel@gmail.com									
	e-mail										

Fecha de discusión y aprobación:

Año	Mes	Día
2021	07	23

Lenguaje: SPA

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 4/6

Archivo(s):

Nombre de archivo	Tipo MIME
PG-BucanMaita.docx	Aplication/word

Alcance:

Espacial: UNIVERSAL

Temporal: TEMPORAL

Título o Grado asociado con el trabajo:
Ingeniero Civil**Nivel Asociado con el Trabajo:**
Pregrado**Área de Estudio:**
Educación Mención Ingeniería**Institución(es) que garantiza(n) el Título o grado:****Universidad de Oriente**

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 5/6



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CONSEJO UNIVERSITARIO
RECTORADO

CUN°0975

Cumaná, 04 AGO 2009

Ciudadano
Prof. JESÚS MARTÍNEZ YÉPEZ
Vicerrector Académico
Universidad de Oriente
Su Despacho

Estimado Profesor Martínez:

Cumplo en notificarle que el Consejo Universitario, en Reunión Ordinaria celebrada en Centro de Convenciones de Cantaura, los días 28 y 29 de julio de 2009, conoció el punto de agenda **"SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICAR TODA LA PRODUCCIÓN INTELECTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UDO, SEGÚN VRAC N° 696/2009"**.

Letido el oficio SIBI – 139/2009 de fecha 09-07-2009, suscrita por el Dr. Abul K. Bashirullah, Director de Bibliotecas, este Cuerpo Colegiado decidió, por unanimidad, autorizar la publicación de toda la producción intelectual de la Universidad de Oriente en el Repositorio en cuestión.

Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

Cordialmente,

JUAN A. BOLANOS CUNPEL
Secretario

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
SISTEMA DE BIBLIOTECA
RECIBIDO POR *[Firma]*
FECHA 5/8/09 HORA 5:30

REPUBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD DE ORIENTE
SECRETARIA
CONSEJO UNIVERSITARIO

C.C: Rectora, Vicerrectora Administrativa, Decanos de los Núcleos, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Dirección de Presupuesto, Contraloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación de Teleinformática, Coordinación General de Postgrado.

JABC/YGC/maruja

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 6/6

Artículo 41 del REGLAMENTO DE TRABAJO DE PREGRADO (vigente a partir del II Semestre 2009, según comunicación CU-034-2009): “Los trabajos de grados son de la exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente, y solo podrá ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Concejo de Núcleo respectivo, quien deberá participarlo previamente al Concejo Universitario, para su autorización”.

Bucan Turipe Domerlyng del C.

AUTOR

Maita Rivas Aracelis Francisca

AUTOR

MSc. Rojas Laurimar

TUTOR