



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**TEMA:**

**“EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y  
PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DEL SECTOR CENTRAL DE LA  
CIUDAD DE SANTA ELENA”**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

**AUTORES:**

**CARLOS JOSEPH REYES SUÁREZ**  
**DANIEL ALEJANDRO RODRÍGUEZ LÓPEZ**

**TUTOR:**

**ING. GUIDO MOISÉS ORTIZ SAFADI, Mg.**

**LA LIBERTAD, ECUADOR**

**2024**

**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**TEMA:**

“EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO  
Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DEL SECTOR CENTRAL DE  
LA CIUDAD DE SANTA ELENA”

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

**AUTORES:**

CARLOS JOSEPH REYES SUÁREZ

DANIEL ALEJANDRO RODRÍGUEZ LÓPEZ

**TUTOR:**

ING. GUIDO MOISÉS ORTIZ SAFADI, Mg.

**LA LIBERTAD – ECUADOR**

**2024**

**UPSE**

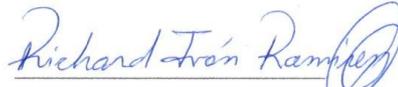
## TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



ING. LUCRECIA MORENO ALCIVAR, Ph.D.  
DIRECTOR DE CARRERA



ING. RICHARD RAMIREZ PALMA, Mg.  
DOCENTE UIC



ING. RICHARD RAMIREZ PALMA, Mg.  
DOCENTE ESPECIALISTA



ING. GUIDO M6ISES ORTIZ SAFADI, Mg.  
DOCENTE TUTOR

## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis a mis padres, cuya dedicación y amor infinito han sido mi brújula y mi fuente de fuerza inagotable. A ustedes, que me enseñaron con el ejemplo a nunca rendirme y a enfrentar los desafíos con valentía, les ofrezco este logro como un tributo a su sacrificio y fe en mí. También la dedico a mi esposa y a mis hijas, que sigan el ejemplo de nunca rendirse ante nada, siempre Dios será nuestra guía en cada camino que elijamos seguir.

A mis amigos, esos compañeros de vida que, con su apoyo sincero y risas compartidas, me acompañaron en esta travesía académica. A cada uno de ustedes, que convirtió días de estudio en recuerdos inolvidables, les agradezco por iluminar mi camino con su amistad.

*Daniel Alejandro Rodríguez López.*

Con orgullo dedico este trabajo a nuestro padre Celestial por su infinita bondad y amor por ser mi fuente de fortaleza, por derramar sabiduría y bendiciones para poder llegar a esta etapa de mi formación académica, por darme la fuerza para perseverar y lograr mis objetivos,

A mis padres por ser un pilar fundamental en la travesía de mi formación académica, a ustedes que me brindaron el conocimiento y la ayuda para poder cumplir con mis aspiraciones, por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores y por la motivación constante que me ha permitido cultivar e inculcar ese sabio don de la responsabilidad.

A mis abuelos a quien le debo todo en la vida, le agradezco el cariño, la paciencia y el apoyo que me brindaron para culminar mi carrera profesional, por su fe y ayuda brindada durante mi formación académica, por sus consejos y buenos deseos que guiaron mi camino por el sendero del bien, a ellos que son ejemplo de perseverancia y esfuerzo les dedico este trabajo.

A mi hermana por ayudarme y brindarme el apoyo necesario en esta etapa de la vida, por su tiempo compartido en cada uno de los años de estudio y por impulsar el desarrollo de nuestra formación profesional.

*Carlos Joseph Reyes Suárez*

# CERTIFICADO DE AUTOTENTICIDAD

## CERTIFICADO DE REVISIÓN DE LA REDACCIÓN Y ORTOGRAFÍA.

Yo, Magíster. Oswaldo Flavio Castillo Beltrán. Certifico: Que he revisado la redacción y ortografía del Trabajo de Integración Curricular: **“EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DEL SECTOR CENTRAL DE LA CIUDAD DE SANTA ELENA”**, elaborado por los egresados. **Reyes Suárez Carlos Joseph y Rodríguez López Daniel Alejandro**, previo a la obtención del título de: **INGENIERO CIVIL**.

Para efecto he procedido a leer y analizar de manera profunda el estilo y la forma del contenido del texto:

- Se denota pulcritud en la escritura en todas sus partes
- La acentuación es precisa
- Se utilizan los signos de puntuación de manera acertada
- En todos los ejes temáticos se evita los vicios de dicción
- Hay concreción y exactitud en las ideas
- No incurre en errores en la utilización de las letras
- La aplicación de la sinonimia es correcta
- Se maneja con conocimiento y precisión de la morfosintaxis
- El lenguaje es pedagógico, académico, sencillo y directo, por lo tanto es de fácil comprensión.

Por lo expuesto y en uso de mis derechos como Magíster en Docencia y Gerencia en Educación Superior, recomiendo la VALIDEZ ORTOGRÁFICA del Trabajo de Integración Curricular, previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil y deja a vuestra consideración el certificado de rigor para los efectos legales correspondientes.

Atentamente,

  
**Dr. Oswaldo Castillo Beltrán. Mg**  
**Registro SENESCYT 1006-11-733293**  
**Cuarto Nivel**

# CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO

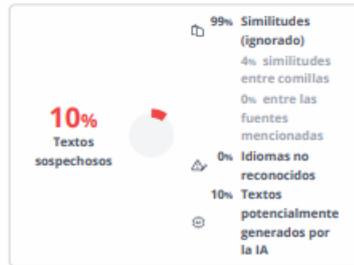
En calidad de tutor del trabajo de investigación para titulación del tema EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DEL SECTOR CENTRAL DE LA CIUDAD DE SANTA ELENA, elaborado por el estudiante CARLOS JOSEPH REYES SUAREZ y DANIEL ALEJANDRO RODRIGUEZ LOPEZ, con C.I: 245010647-7 y C.I: 240003562-8, egresado de la CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL, de la Facultad de CIENCIAS DE LA INGENIERÍA, me permito declarar que una vez analizado en el sistema antiplagio COMPILATO, luego de haber cumplido con los requerimientos exigidos de valoración, la presente tesis, se encuentra con un 10 % de la valoración permitida.

Atentamente,

f.   
ING. GUIDO MÓISES ORTIZ SAFADI, Mg.

**DOCENTE TUTOR**

# TESIS FINAL CR DR - EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE



Nombre del documento: TESIS FINAL CR DR - EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE.pdf  
ID del documento: 966950a2bf5a0bf0c04025190f05856ed7fde04d  
Tamaño del documento original: 858,31 kB  
Autores: []

Depositante: GUIDO MOISES ORTÍZ SAFADI  
Fecha de depósito: 22/11/2024  
Tipo de carga: interface  
fecha de fin de análisis: 22/11/2024

Número de palabras: 12.069  
Número de caracteres: 81.941

Ubicación de las similitudes en el documento:



## Fuente considerada como idéntica

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	TESIS FINAL CR DR - EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SA... #773db9 El documento proviene de mi biblioteca de referencias	99%		Palabras idénticas: 99% (11.916 palabras)

## Fuentes con similitudes fortuitas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	Documento de otro usuario #a38b75 El documento proviene de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (15 palabras)
2	repositorio.upse.edu.ec https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/5335/1/JPSE-TIC-2020-0009.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (17 palabras)
3	Documento de otro usuario #544890 El documento proviene de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (14 palabras)
4	Documento de otro usuario #a6b2bb El documento proviene de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (11 palabras)

# DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, CARLOS JOSEPH REYES SUÁREZ y DANIEL ALEJANDRO RODRÍGUEZ LÓPEZ, declaramos bajo juramento que el presente trabajo de titulación denominado “EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DEL SECTOR CENTRAL DE LA CIUDAD DE SANTA ELENA”, no tiene antecedentes de haber sido elaborado en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Carrera de Ingeniería Civil, lo cual es un trabajo exclusivamente inédito y perteneciente de nuestra autoría.

Por medio de la presente declaramos ceder los derechos de autoría y propiedad intelectual, correspondientes a este trabajo, a la Universidad Estatal Península de Santa Elena, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

Atentamente,

f. Carlos Reyes

Carlos Joseph Reyes Suárez

C.C. No. 245010647-7

AUTOR DE TESIS

f. Daniel Rodríguez

Daniel Alejandro Rodríguez López

C. C. No. 2400035628

AUTOR DE TESIS

# CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Ing. GUIDO MÓISES ORTIZ SAFADI, MSc.

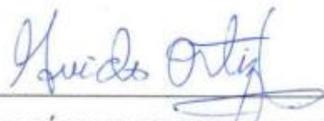
## TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Universidad Estatal Península de Santa Elena

En mi calidad de Tutor del presente trabajo “EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DEL SECTOR CENTRAL DE LA CIUDAD DE SANTA ELENA” previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil elaborado por los Sres. CARLOS JOSEPH REYES SUAREZ Y DANIEL ALEJANDRO RODRIGUEZ LOPEZ, egresado de la carrera de Ingeniería Civil, Facultad Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, me permito declarar que luego de haber orientado, estudiado y revisado, la apruebo en todas sus partes,

Atentamente,

f. \_\_\_\_\_



ING. GUIDO MÓISES ORTIZ SAFADI, MSc.

**DOCENTE TUTOR**

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco, en primer lugar, a Dios, por ser mi refugio y mi fortaleza en los momentos más difíciles, por darme la salud y sabiduría necesarias para alcanzar esta meta. Mis más profundos agradecimientos van a mis padres, quienes me han enseñado con su ejemplo el valor del esfuerzo y la resiliencia. Gracias por cada sacrificio, por cada palabra de aliento y por su amor incondicional que me sostiene cada día.

A mi esposa e hijas Gracias por estar ahí en los momentos de estrés y también en las pequeñas victorias por apoyarme en los momentos difíciles siempre están conmigo en las buenas y malas.

A mi tutor de tesis, Ing. Ortiz Safadi Guido Moisés, agradezco por su invaluable guía, paciencia y consejos que impulsaron esta tesis. Su compromiso y dedicación dejaron una marca positiva en mi formación académica, por lo que siempre estaré agradecido.

A mis amigos y compañeros de carrera, quienes, con su camaradería y apoyo, hicieron de este proceso un aprendizaje compartido. Finalmente, a todas las personas que, directa o indirectamente, contribuyeron a mi desarrollo personal y académico, les agradezco profundamente por ser parte de este viaje.

*Daniel Alejandro Rodríguez López*

A la Universidad Estatal Península de Santa Elena y en especial a la facultad de Ingeniería Civil por haberme permitido ser parte del programa de sus niveles de estudio, además de ser parte de una generación de triunfadores y gente productiva para el país, por habernos abierto las puertas y poder forjar nuestro futuro dentro de sus instalaciones.

Agradezco a nuestros docentes por su paciencia, que con su sabiduría y conocimientos supieron formar e instruir a sus alumnos, por habernos brindado sus consejos y experiencias, por haber guiado el desarrollo de este trabajo en cada una de sus etapas y llegar a la culminación del mismo. Gracias por su apoyo brindado en los momentos difíciles de este trabajo.

A nuestro tutor Ing. Guido Ortiz por brindarnos su tiempo y dedicación durante la realización de este trabajo, que con su invaluable guía permitieron culminar el presente proyecto con éxito, con admiración por sus decisiones y su incansable búsqueda de la excelencia bajo su tutela, como un faro de luz ha contribuido y enriquecido mi trabajo de manera inigualable.

*Carlos Joseph Reyes Suárez*

## CONTENIDO

<b>DEDICATORIA</b> .....	iii
<b>CERTIFICADO DE AUTOTENTICIDAD</b> .....	v
<b>CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO</b> .....	vi
<b>DECLARACIÓN DE AUTORÍA</b> .....	viii
<b>CERTIFICACIÓN DEL TUTOR</b> .....	ix
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	x
<b>CONTENIDO</b> .....	xii
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	xvi
<b>LISTA DE TABLAS</b> .....	xvi
<b>LISTA DE ANEXOS</b> .....	xvii
<b>RESUMEN</b> .....	xviii
<b>ABSTRACT</b> .....	xix
<b>CAPITULO I: INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>1.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN</b> .....	3
<b>1.2. ANTEDECENTES</b> .....	7
<b>1.3. HIPÓTESIS</b> .....	9
1.3.1. Hipótesis General .....	9
1.3.2. Hipótesis Especificas .....	9
<b>1.4. OBJETIVOS</b> .....	10
1.4.1. Objetivo General.....	10
1.4.2. Objetivos Específicos .....	10

<b>1.5 ALCANCE</b> .....	10
<b>1.6. VARIABLES</b> .....	11
1.6.1. Variables Dependientes .....	11
1.6.2. Variables Independientes.....	11
<b>CAPITULO II: MARCO TEÓRICO</b> .....	12
<b>2.1. AGUAS RESIDUALES</b> .....	12
2.1.1. Definición.....	12
2.1.2. Origen y Composición.....	12
2.1.3. Clasificación .....	13
<b>2.2. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES</b> .....	16
<b>2.3. IMPACTOS DE LAS AGUAS RESIDUALES EN EL MEDIO AMBIENTE Y LA SALUD</b> .....	22
<b>CAPITULO III: METODOLOGÍA</b> .....	25
<b>3.1 TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN</b> .....	25
3.1.1 Tipo.....	25
3.1.2 Nivel .....	25
<b>3.2 MÉTODO, ENFOQUE Y DISEÑO</b> .....	25
3.2.1 Método.....	25
3.2.2 Enfoque.....	26
3.2.3 Diseño.....	26
<b>3.3 POBLACION, MUESTRA Y MUESTREO</b> .....	26
3.3.2 Muestra .....	27

3.3.3 Muestreo .....	27
<b>3.4 UBICACIÓN DEL SECTOR DE ESTUDIO.....</b>	<b>27</b>
<b>3.5 METODOLOGIA DEL O.E.1: REALIZAR EL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DEL SECTOR DONDE SE ENCUENTRA UBICADO EL COLECTOR PRINCIPAL DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE SANTA ELENA.....</b>	<b>28</b>
3.5.1 Levantamiento Topográfico. ....	28
3.5.2. Evaluación De Sistema De Alcantarillado .....	28
<b>3.6 METODOLOGIA DEL O.E.2: REDISEÑAR EL COLECTOR PRINCIPAL DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE SANTA ELENA, OPTIMIZANDO LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS ACTUALES Y FUTURAS .....</b>	<b>29</b>
3.6.1. Áreas de Aportación .....	30
3.6.2 Cálculos del Área de Aportación.....	31
<b>3.7 METODOLOGIA DEL O.E.3: PROPONER LA SOLUCIÓN TÉCNICA QUE PERMITE MITIGAR LAS ANOMALÍAS Y DEFICIENCIAS DEL COLECTOR PRINCIPAL DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE SANTA ELENA.....</b>	<b>33</b>
<b>CAPITULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>39</b>
<b>4.1 RESULTADOS DE O.E.1: REALIZAR EL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DEL SECTOR DONDE SE ENCUENTRA UBICADO EL COLECTOR PRINCIPAL DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE SANTA ELENA.....</b>	<b>39</b>
4.1.1 Características generales de superficie. ....	39
<b>4.2 RESULTADOS DE O.E.2: REDISEÑAR EL COLECTOR PRINCIPAL DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE SANTA ELENA,</b>	

<b>OPTIMIZANDO LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS ACTUALES Y FUTURAS .....</b>	<b>42</b>
4.2.1 Rediseño del Colector Principal Utilizando AutoCAD .....	42
<b>4.3 RESULTADOS DE O.E.3: PROPONER LA SOLUCIÓN TÉCNICA QUE PERMITE MITIGAR LAS ANOMALÍAS Y DEFICIENCIAS DEL COLECTOR PRINCIPAL DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE SANTA ELENA.....</b>	<b>48</b>
4.3.1 Rediseño del Colector Principal Utilizando SewerGEMS .....	49
4.3.2. Plan de Ejecución del Sistema de Alcantarillado Sanitario.....	50
4.3.3. Elaboración Del Presupuesto Referencial. ....	53
<b>CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>54</b>
<b>5.1 CONCLUSIONES. ....</b>	<b>54</b>
<b>5.2 RECOMENDACIONES. ....</b>	<b>56</b>
<b>6. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>58</b>
<b>7. ANEXO .....</b>	<b>61</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Agua residual .....	24
<b>Figura 2</b> Ubicación geográfica .....	27
<b>Figura 3</b> Áreas de abastecimiento existentes de alcantarillado. ....	39
<b>Figura 4</b> Levantamiento topográfico .....	41
<b>Figura 5</b> Rediseño del sistema de alcantarillado. ....	42
<b>Figura 6</b> Perfil de Taponamiento de las Tuberías.....	53

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Procesos de tratamiento avanzado y eficiencia remocional. ....	19
<b>Tabla 2</b> Características de lodos. ....	21
<b>Tabla 3</b> Dotación de agua futura.....	31
<b>Tabla 4</b> Cuadro de Operacionalización de variables .....	38
<b>Tabla 5</b> Resumen de Diseño vial de algunas calles dentro del área de estudio .....	40
<b>Tabla 6</b> Cuadro de Coordenadas con el sistema UTM que delimitan el área de estudio .....	40

## LISTA DE ANEXOS

<b>Anexo 1</b> Área de Aportaciones .....	61
<b>Anexo 2</b> Caudal máximo existente.....	62
<b>Anexo 3</b> Caudal máximo proyectad. ....	62
<b>Anexo 4</b> Resultados de la simulación.....	63
<b>Anexo 5</b> Información de velocidad con programa el SewerGEMS .....	64
<b>Anexo 6</b> <i>Cálculo manual de tubería</i> .....	65
<b>Anexo 7</b> Sistema existente en el Cantón Santa Elena. ....	66
<b>Anexo 8</b> Sistema Existente en el Catón Santa Elena.....	67
<b>Anexo 9</b> Sistema proyectado del Catón Santa Elena. ....	68
<b>Anexo 10</b> Sistema Proyectado del Cantón Santa Elena .....	69
<b>Anexo 11</b> Perfil longitudinal de redes de alcantarillado existente. ....	70
<b>Anexo 11</b> Perfil longitudinal de redes de alcantarillado existente. ....	71
<b>Anexo 13</b> Perfil longitudinal de redes de alcantarillado proyectado.....	72
<b>Anexo 14</b> Perfil longitudinal de redes de alcantarillado proyectado.....	73
<b>Anexo 15</b> Perfil longitudinal de redes de alcantarillado proyectado.....	74
<b>Anexo 16</b> Perfil longitudinal de redes de alcantarillado proyectado.....	75
<b>Anexo 17</b> Presupuesto del sistema de alcantarillado sanitario. ....	76
<b>Anexo 18</b> Levantamiento Topográfico.....	77
<b>Anexo 19</b> Levantamiento Topográfico.....	78

# **“EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DEL SECTOR CENTRAL DE LA CIUDAD DE SANTA ELENA”**

**Autores:** Carlos Joseph Reyes Suarez. y López Rodríguez Daniel Alejandro.

**Tutor:** Ing. Guido Moisés Ortiz Safadi, Mg.

## **RESUMEN**

Para ejecutar el siguiente trabajo de titulación nombrado “Evaluación del sistema de alcantarillado sanitario y propuesta de mejoramiento del sector central de la ciudad de Santa Elena”, se hizo énfasis en mejorar la eficiencia hidráulica y la capacidad del sistema actual, mediante el levantamiento topográfico que nos detallaría. Una vez realizado el levantamiento topográfico se incluyeron medidas de elevaciones, se determinaron pendientes y, sobre todo, nos permitió identificar características geográficas del sitio, factores que influyen en el comportamiento hidráulico de la red. La información obtenida permitió modelar el terreno y prever su impacto en el flujo de aguas residuales.

El diseño se ejecutó mediante un análisis exhaustivo utilizando herramientas de programación como son: AutoCAD, SewerGEMS y Excel, que nos permitieron modelar y simular el comportamiento del sistema bajo diversas condiciones operativas. Esto nos permite demostrar que nuestro modelado cumpla con las normas establecidas en país. Para poder ejecutar el trabajo se constató que las mejoras incluyen el cambio de determinados tramos de tuberías que no cuentan con la capacidad suficiente, el ajuste de pendientes y diámetros que nos permite optimizar el flujo y reducir el riesgo de obstrucciones bajo el periodo diseñado. La simulación hidráulica confirmó que el sistema rediseñado puede manejar de manera eficiente el caudal proyectado, incluso bajo condiciones extremas como las lluvias intensas y aumento poblacional.

El caudal de diseño fue calculado en función de la dotación estimada por habitante y el clima local, considerando el caudal máximo horario, infiltración y conexiones ilícitas.

**Palabras claves:** (*Alcantarillado Sanitario, Evaluación de infraestructura, Rediseño hidráulico, Mejoramiento de flujo*).

# **“EVALUATION OF THE SANITARY SEWERAGE SYSTEM AND PROPOSAL FOR IMPROVEMENT OF THE CENTRAL SECTOR OF THE CITY OF SANTA ELENA”**

**Autores:** Carlos Joseph Reyes Suarez. y López Rodríguez Daniel Alejandro.

**Tutor:** Ing. Guido Móises Ortiz Safadi, Mg.

## **ABSTRACT**

The degree work “Evaluation of the sanitary sewage system and proposal for improvement of the central sector of the city of Santa Elena, focused on improving the hydraulic efficiency and capacity of the system, addressing deficiencies through a detailed topographic survey. The topographic study included measurements of slope elevations and the identification of geographic characteristics, factors that influence the hydraulic behavior of the network. The information obtained made it possible to model the terrain and predict its impact on the flow of wastewater.

The design was carried out using advanced tools such as AutoCAD, SewerGEMS, which allowed modeling and simulating the behavior of the system under various operating conditions. Notable improvements include expanding pipelines in sections with insufficient capacity, adjusting slopes and diameters to optimize flow and reduce the risk of blockages. Hydraulic simulation confirmed that the redesigned system can efficiently handle the projected flow, even under extreme conditions such as heavy rainfall and population growth.

The design flow was calculated based on the estimated endowment per inhabitant and the local climate, considering the maximum hourly flow, infiltration and illicit connections.

**Keywords:** (*Sanitary Sewer, Infrastructure Evaluation, Hydraulic Redesign, Flow Improvement*).

# CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

El trabajo de titulación consiste en poder identificar los inconvenientes del sistema de alcantarillado sanitario, también hay que analizar a toda la red del sistema de alcantarillado, integrado por colectores y cajas de aguas servidas (AASS). Se describirá la situación en la cual se encuentra el sistema de alcantarillado sanitario del colector principal K de la ciudad de Santa Elena con la finalidad de brindar alternativas que permitan rehabilitar y mejorar el sistema ya construido, debido al inadecuado funcionamiento que presenta en la actualidad.

(Atamari & Ruelas, 2019). El desempeño adecuado de un sistema de alcantarillado depende una gran medida del estado operativo de las infraestructuras de la red, lo que genera problemas de erosión en las vías, como ocurre en la calle “Doctor Velasco Ibarra”. En algunos casos, el retorno de las aguas sanitarias a las viviendas.

Considerando la relevancia de los sistemas de alcantarillado para la gestión de los gobiernos locales, resulta fundamental llevar a cabo una serie de diagnóstico y evaluaciones exhaustivas de las infraestructuras actuales de alcantarillado sanitario. Esto permitirá identificar los parámetros críticos necesarios para la optimización de dichos sistemas de gestión de aguas residuales, garantizando su eficiencia y evitando impactos negativos en el futuro del sector central de Santa Elena. Según la normativa municipal deben desarrollar un plan maestro de abastecimiento de agua y alcantarillado que refleje el estado actual de las infraestructuras, permitiendo así una planificación estratégica para mejorar los servicios de agua potable y saneamiento básico mediante la formulación de proyectos. Villazón, E. (2015)

El análisis evaluativo del sistema actual se procederá a realizar bajo la normativa del código ecuatoriano de la construcción parte IX Obras Sanitarias regido por la norma Co 10.07 – 601” Normas para el Estudio y Diseño de Sistemas de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales para Poblaciones Mayores a 10000 Habitantes. Tras el análisis se verificará que el sistema cumple con la normativa

vigente en nuestro país. Esto permitirá establecer si cumple con los requerimientos necesarios para un buen desempeño.

Hace unos meses, se suscitó un problema social, donde gran parte de la población del barrio Márquez de la Plata y sectores aledaños tuvieron inconvenientes por el rebose de aguas servidas, dando malestar a toda la comunidad, pudiendo mantenerse el inconveniente afectar en la salud de los convivientes del sector central y sus comunidades.

El fin de este estudio, es realizar un análisis exhaustivo del estado actual de la infraestructura de alcantarillado, sería identificar y evaluar el sistema de alcantarillado como se compone, como sumideros, pozos de inspección, colectores. (Bustos Lináre & Carvajal Chiquillo, 2017).

Uno de los principales impactos que enfrentan las ciudades con el aumento de la densidad poblacional es la presión sobre los servicios públicos, siendo el sistema de alcantarillado uno de los más afectados debido a su creciente demanda. Muchas de las redes de alcantarillado pueden experimentar sobrecarga hidráulica o colapso, ya sea por un incremento en el caudal de aguas residuales o por eventos pluviométricos intensos. (Ramírez Corredor, 2016)

Por lo tanto, resulta fundamental realizar un análisis exhaustivo, evaluación y diagnóstico del desempeño de las instalaciones sanitarias, considerando tanto los aspectos físicos como las características de su diseño, con el fin de verificar que cumplan con los requisitos establecidos por la normativa vigente CO10.07-601 (2012, enero 4).

Asimismo, es imperativo que los gobiernos municipales cuenten con un diagnóstico actualizado del estado de las redes de alcantarillado, con el propósito de establecer criterios prioritarios para la formulación de proyectos de expansión, mantenimiento y asignación eficiente de recursos. Los servicios básicos de salud son esenciales para el bienestar físico de la población y tienen un fuerte impacto en el medio ambiente. Definimos la salud básica como el conjunto de actividades de abastecimiento, captación y eliminación de aguas residuales, manejo de

residuos sólidos y residuos peligrosos. En el Ecuador el 95% de las aguas servidas que son devueltas a los ríos y mares no reciben tratamiento. A esto se le suma la degradación del suelo, el uso de pesticidas y otros químicos en las zonas agrícolas, principalmente en la sierra, que por efecto de la gravedad van a dar a los ríos y las cuencas hidrográficas donde se recibe toda la carga. (Llanos, 2019)

La falta de sistemas de agua potable y alcantarillado integrales, la inadecuada recolección y eliminación de desechos sólidos y la contaminación crean los entornos urbanos inestables, con elevados niveles de susceptibilidad a desastres naturales y altos índices de riesgo sanitario. (MAE, 2016)

Al existir altas concentraciones de habitantes, los requerimientos de servicios básicos son mayores. Para poder dotar de los mismos se requiere contar con fuentes para provisión de agua y sistemas de captación y distribución que cubren grandes distancias, con sistemas de alcantarillado y procesos de disposición de desechos sólidos, que deben instalarse en lugares alejados de esas urbes, crean un panorama difícil de atender y con altos costos para desarrollarlos. (Bermeo, 2005)

## **1.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

A partir de la relevancia y urgencia de abordar la problemática relacionada con la mejora del saneamiento básico en las comunidades, se plantea la necesidad imperiosa de implementar y optimizar sistemas de recolección y tratamiento de aguas residuales que resulten altamente eficientes y sostenibles. Estos sistemas deben ser capaces de asegurar a la población el acceso continuo a servicios de saneamiento adecuados, lo cual es fundamental para la preservación y promoción de la salud pública. El diseño y funcionamiento de dichos sistemas deben estar orientados a la prevención de enfermedades relacionadas con el contacto con aguas contaminadas, contribuyendo así a la mitigación de riesgos sanitarios y al fomento de un entorno saludable, en el que se minimicen las fuentes de contaminación hídrica. Además, la gestión adecuada de las aguas residuales debe alinearse con los principios de sostenibilidad ambiental, asegurando que el tratamiento de las aguas y su disposición final no impacten negativamente en los

ecosistemas locales, promoviendo una mejora integral de la calidad de vida de las comunidades.

Es necesario que los gobiernos autónomos descentralizados municipales (GAD) Se debe promover que un mayor número de personas acceda a sistemas de tratamiento y disposición final de aguas residuales que cumplan con estándares de seguridad. Además, 'Los municipios con cobertura insuficiente a lo exigido podrían estar realizando vertidos inadecuados de aguas residuales domésticas hacia cuerpos de agua receptores o directamente al suelo, lo que genera contaminación de las fuentes hídricas, así como procesos de erosión, deslizamientos e inestabilidad en los taludes'. El impacto sobre la salud pública, particularmente en infantes y adolescentes, quienes son más susceptibles a estos riesgos, puede resultar extremadamente perjudicial. Villazón, E. (2015)

Desde que existió el ser humano en la tierra, este ha mantenido una relación estrecha con el entorno natural, el cual le provee los recursos esenciales para su supervivencia. No obstante, las actividades humanas, tanto de manera consciente como inconsciente, han alterado dichos recursos, dando lugar a la contaminación ambiental. Los recursos que han impactado en el agua, es uno de los problemas más importantes, como el manejo inadecuado de las aguas residuales, esto presenta un alto riesgo sanitario, considerando la deficiencia del tratamiento sanitario. En la actualidad, el centro de la ciudad de la provincia de Santa Elena se ha implementado soluciones temporales, como el uso de pozos sépticos, para las de aguas residuales que provienen de desechos humanos. Sin embargo, estas medidas no constituyen una solución integral, dado que las aguas de uso doméstico son dirigidas a la vía pública y terrenos baldíos, lo que favorece la proliferación de vectores patógenos, la expansión de malos olores y la contaminación del entorno ecológico.

Aunque los sistemas de captación y drenaje de aguas pluviales tienen antecedentes en épocas antiguas, la recolección de aguas residuales no se implementó de manera organizada hasta principios del siglo XIX. En cuanto al tratamiento sistemático de aguas residuales, este surgió a finales del siglo XIX y principios del siglo XX. El desarrollo de la teoría germinal por parte de científicos como

Koch y Pasteur en la segunda mitad del siglo XIX marcó el inicio de una nueva etapa en el ámbito del saneamiento. Hasta esa fecha, el vínculo entre contaminación y enfermedades había sido poco explorado, y la bacteriología, en sus etapas iniciales, no había sido aplicada al tratamiento de aguas residuales.(Cando., 2012)

Además, también involucra disminuir en un 50% la cantidad de aguas residuales que no pasan por un tratamiento, sino que son directamente descargadas contaminando las posibles fuentes de captación. Sin embargo, el desarrollo de este propósito es más complejo aún que proporcionar un saneamiento básico universal, debido a la gran inversión de capital en diseño, construcción y sistemas de tratamiento (Naughton & Mihelcic, 2017).

A nivel mundial se calcula que existen 2300 millones de personas que no cuentan con servicios básicos de “saneamiento seguro” lo cual se define como el acceso a una instalación mejorada, es decir, un sistema de alcantarillado de cualquier categoría, pozo séptico o pozo ciego.

En Ecuador se tiene un gran reto el cual es impulsar a los Gobiernos Municipales a cubrir las necesidades de todos los habitantes en aumentar la cobertura a un agua segura y un saneamiento básico. De lograrse se elevaría el nivel de vida de los ecuatorianos en importantes ámbitos como la mejora de la salud, reducción de casos de desnutrición, aumento del desarrollo social y económico, ya que por ejemplo en áreas rurales se fomentaría los servicios y el turismo. (Senplades, 2014)

Adicional a la necesidad de las poblaciones de tener un sistema de alcantarillado sanitario se suma la importancia de contar con un servicio de alcantarillado pluvial para disminuir la contaminación hídrica en los estancamientos de aguas lluvias que producen enfermedades y frenar las posibles inundaciones causantes de daños irreparables de tipo material a los habitantes que carecen de estos sistemas. (Pozo, Serrano, 2016)

En Ecuador existen municipios que cuentan con alcantarillado combinado, (sanitario y pluvial) como es el caso del cantón de Guaranda en la provincia de Bolívar. Este sistema de alcantarillado como muchos otros en el país descargan las aguas al río de Guaranda sin haberle realizado un tratamiento previo, causando una alta tasa de contaminación. (Alcaldía de Guaranda, 2020)

(Metcalf & Eddy, 1995) Enfatizan la relevancia de los servicios básicos en una comunidad, como el sistema de alcantarillado sanitario y las estaciones de tratamiento de aguas residuales, los cuales contribuyen al bienestar físico de la población. No obstante, estos sistemas presentan el potencial de generar impactos ambientales significativos si no se diseñan, operan y mantienen de manera adecuada.

(Orea & Villarino, 2013), Se conceptualiza el impacto como la alteración que resulta de una actividad humana en su entorno, la cual afecta la calidad de vida de la población. En este contexto, el impacto ambiental se refiere a aquellas actividades antropogénicas que inducen modificaciones en alguno de los componentes del sistema ambiental o en el conjunto de estos factores.

Para planificar el diseño de un sistema de alcantarillado, es relevante tomar en cuenta las partes que conforman su estructura: el colector que se ubica en el centro de la calle y es el conducto principal; y los pozos de visita, los cuales son dispositivos que sirven para verificar el funcionamiento de la red del colector. “ (Burgos, 2019)

En base un estudio reciente se pudo comprobar que la población del barrio Márquez de la Plata de la cabecera cantonal del cantón Santa Elena cuenta con un sistema de alcantarillado el cual sirve para recolectar y descargar aguas residuales de manera directa a las lagunas de oxidación. Hace un año atrás hubo un problema que provoco un descontento en los habitantes del sector, puesto que, las cámaras que se encargaban de recolectar las aguas servidas de las casas se llenaban y rebosaban, esto es debido a que la población existente había tenido un gran incremento en los últimos años y esto provocaba una saturación en el sistema. No obstante, la empresa encargada del mantenimiento a la red de alcantarillado se

encargó de proponer e implementar una solución para evitar los problemas, se propuso excavar y aumentar la profundidad de las cámaras de recolección, sin embargo, esto solo provoco que las cámaras de recolección de las casas rebosen y provoquen problemas en los moradores del barrio. (Hillebo, 2023)

La falta de mantenimiento es otra de las posibles causas del mal funcionamiento del colector principal “K” y es que el incremento de la población en el sector provoco el incremento de los caudales para los cuales el sistema fue diseñado, esto trajo consigo que el sistema construido tenga posibles problemas para transportar las aguas negras de los barrios. Es fundamental llevar a cabo una evaluación, así también un diagnóstico integral del sistema, con el propósito de proporcionar un informe actualizado a las autoridades municipales, que incluya un inventario detallado de todas las redes de alcantarillado que conforman el colector "K" de la ciudad de Santa Elena. El objetivo es identificar y precisar los componentes del sistema sanitario que requieren intervención o mejoras.

## **1.2. ANTEDECENTES**

En América Latina para el año 2004 el porcentaje de población que tiene cobertura de alcantarillado es del 78% y tratamiento de aguas servidas urbanas es de apenas el 14% (Cepal, 2004)

En Ecuador para el año 2013 el porcentaje de viviendas con acceso a alcantarillado sanitario (por área) es de 63,1%, mientras que el tratamiento de los desechos líquidos urbanos e industriales es de apenas un 7%. (Cepal, 2012). Uno de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030, implica garantizar el saneamiento en condiciones equitativas como un servicio básico que es de tan vital importancia como el derecho humano de tener acceso a un agua potable y de calidad (UNICEF, 2017).

Esta carencia genera muchas enfermedades, para las cuales no se tiene una vacuna efectiva como es la malaria, el dengue o infecciones gastrointestinales, lo que implica una alta tasa de mortalidad al año. (OMS, 2019) Las poblaciones más

afectadas son las de escasos recursos en los países que aún se encuentra en desarrollo, se considera que los tres factores de riesgo que aumentan gravemente la morbilidad son el agua sin potabilizar, saneamiento deficiente e higiene inadecuada (OMS, 2003). Un ejemplo es la diarrea con 1.8 millones de muertes por año siendo el 90% niños con edades inferiores a 5 años con casos repetidos para desnutrición y enfermedades bacterianas como el cólera (Ferro, Lentini, & Romero, 2011)

En el estudio de la medición de los ODS en Ecuador realizado en el año 2018, se destaca la importancia de cumplir a la vez con los tres indicadores de agua segura, saneamiento básico e higiene adecuada (ASH) y se menciona que a nivel nacional solo el 55.5% de la población cuentan con estos servicios al mismo tiempo. Siendo las poblaciones de zonas rurales las que menos tienen acceso a servicios de agua, saneamiento e higiene con un 36.4% de los habitantes. (Molina-Vera, Pozo, 2018)

El proceso histórico relacionado con el desarrollo de sistemas de tratamiento de aguas residuales se remonta a tiempos antiguos, estrechamente ligado al origen y evolución del ser humano dentro del contexto de adaptación al entorno. Las civilizaciones tempranas comprendieron la importancia de la gestión del agua al enfrentar brotes de enfermedades infecciosas y epidemias, fenómenos que afectaron a gran parte de la humanidad. A pesar de los avances en este campo, persisten altos índices de problemas asociados a la gestión inadecuada de las aguas residuales en la actualidad. (Cando., 2012)

Según Herman E. Hillebo, en su libro "Manual de Tratamiento de Aguas Negras" define las aguas negras o residuales como el efluente generado por la mezcla de aguas de arrastre y los desechos provenientes de actividades domésticas, comerciales, industriales, entre otras, La composición y cantidad de estas aguas residuales varían según el aumento demográfico y otros actores socioeconómicos y ambientales. (Hillebo, 2023)

Toda comunidad genera residuos en sus diversas formas, tanto sólidos como líquidos. La fracción líquida de estos residuos, conocida como aguas residuales,

corresponde al agua que ha sido utilizada y que, posteriormente, ha contaminado a través de diversos procesos domésticos, industriales o comerciales.

Para el desarrollo del siguiente trabajo investigativo se usarán trabajos y bibliografía referente a nuestro tema. El desarrollo de las ciudades provoca un constante crecimiento en la población por lo cual es evidente la necesidad de ampliar la oferta de agua potable y alcantarillado sanitario a un ritmo exponencial. (Montero, J 2010)

### **1.3. HIPÓTESIS**

#### **1.3.1. Hipótesis General**

¿El sistema de alcantarillado sanitario del cantón Santa Elena presenta anomalías en el colector principal de la red de aguas servidas, derivadas de deficiencias en el diseño hidráulico y estructural del sistema?

#### **1.3.2. Hipótesis Específicas**

**H.E.1:** ¿La densidad poblacional y las características geográficas del área afectan el diseño y la eficacia del colector principal de la red de alcantarillado sanitario?

**H.E.2:** ¿La optimización de los parámetros hidráulicos del sistema de alcantarillado sanitario del colector principal incrementara su rendimiento y capacidad operativa?

**H.E.3:** ¿La implementación de una solución técnica apropiada contribuirá a la mitigación de las deficiencias y anomalías detectadas Enel colector principal del sistema de alcantarillado?

## **1.4. OBJETIVOS**

### **1.4.1. Objetivo General**

Evaluar el sistema de alcantarillado sanitario identificando y diagnosticando las principales anomalías en el colector principal de la red de aguas servidas actual, mediante un análisis del diseño hidráulico y estructural del sistema, determinando el cumplimiento con la normativa vigente con el fin de identificar posibles deficiencias y proponer mejoras en el cantón Santa Elena.

### **1.4.2. Objetivos Específicos**

**O.E.1:** Realizar el levantamiento topográfico del sector donde se encuentra ubicado el colector principal de sistema de alcantarillado sanitario de Santa Elena.

**O.E.2:** Rediseñar el colector principal del sistema de alcantarillado sanitario de Santa Elena, optimizando las condiciones hidráulicas actuales y futuras.

**O.E.3:** Proponer la solución técnica que permite mitigar las anomalías y deficiencias del colector principal del sistema de alcantarillado sanitario de Santa Elena.

## **1.5 ALCANCE**

El alcance es evaluar de manera minuciosa el sistema de alcantarillado sanitario existente, en conformidad con la norma para estudios y diseños de sistemas de agua potable y alcantarillado para poblaciones mayores a los 10.000 habitantes. La evaluación se centrará en un análisis detallado de la infraestructura actual del sistema de alcantarillado, considerando todos los componentes que lo integran, tales como las conducciones primarias y secundarias, los puntos de acceso, las estaciones de bombeo, los sistemas de tratamiento de aguas residuales, entre otros

elementos críticos. Este análisis permitirá identificar las condiciones operativas de la red y determinar si cumple con los estándares establecidos, tanto en términos de capacidad hidráulica como de eficiencia en la recolección y disposición de aguas servidas.

Ya haber realizado el diagnóstico, se debe mejorar el funcionamiento del sistema de alcantarillado sanitario. Con estas mejoras se podrá implicar desde el mantenimiento y así también la reparación de los componentes actuales, con eso se llega la reestructuración o rediseño de la red de alcantarillado sanitario, que es necesario para adecuar la dotación y demanda proyectada.

La recopilación y análisis de información técnica proporcionado por la empresa Aguapen EP, los estudios previos existentes sobre el sistema. También, se realizará inspecciones directas en el sector, lo que permitirá obtener una visión precisa de las condiciones actuales del sistema de alcantarillado y sus posibles necesidades de intervención. Con ello el objetivo final es proponer una solución que contribuya a la mejora y minimizando los riesgos sanitarios.

## **1.6. VARIABLES**

### **1.6.1. Variables Dependientes**

- ❖ Condiciones actuales del sistema sanitario existentes.
- ❖ Rediseño del sistema alcantarillado sanitario.

### **1.6.2. Variables Independientes**

- ❖ Levantamiento Topográfico
- ❖ Población actual y futura
- ❖ Velocidad de diseño del caudal actual
- ❖ Presupuesto de mejoras

## **CAPITULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1. AGUAS RESIDUALES**

#### **2.1.1. Definición**

(Bejarano Novoa María Elizabeth, 2015) Conceptualizan las aguas residuales como aquellas que han experimentado modificaciones en sus propiedades físicas, químicas o biológicas debido a la presencia de contaminantes, tales como residuos sólidos, productos químicos, y desechos provenientes de actividades municipales, industriales y agrícolas, lo que genera un impacto negativo en los ecosistemas acuáticos y en el ambiente circundante.

Desde el punto de vista (Rolim Mendonca Sérgio, 2000), Las aguas residuales es aquella que provienen del sistema de distribución para el agua potable de una población, que han sufrido alteraciones debido al uso en actividades domésticas, industriales o comunitarias. Las aguas son captadas por el sistema de alcantarillado, que se dirige hacia un lugar destinado para su disposición o tratamiento, así cumpliendo con los requisitos técnicos y normativos establecidos para la gestión de los efluentes.

#### **2.1.2. Origen y Composición**

De acuerdo con (Alvarado Zenteno David Emmanuel, 2015) Las aguas residuales provienen principalmente del consumo de agua potable, la cual, al ser empleada en diversos procesos, se ve alterada por la presencia de contaminantes tanto líquidos como sólidos. Estos contaminantes se generan en actividades cotidianas dentro de hogares, industrias, comercios, instituciones y otros tipos de establecimientos. Entre ellos se encuentra materia orgánica, productos químicos, detergentes, metales pesados, residuos biológicos y solidos suspendidos, que

pueden ocasionar efectos negativos en la salud pública y el medio ambiente si no son tratados adecuadamente. La combinación de estos contaminantes con el agua potable durante su uso provoca alteraciones tanto físicas como químicas, lo que requiere de sistemas de tratamiento especializados para su remisión o neutralización antes de su disposición final.

(Marcos von Sperling, 2007), La composición del agua residual se caracteriza por una proporción del 99.9% de agua y un 0.1% de sólidos, los cuales pueden ser tanto orgánicos como inorgánicos, y se presentan en forma de sólidos suspendidos y disueltos, junto con microorganismos que desempeñan un papel crucial en la necesidad de tratar las aguas residuales.

Según (Tutillo Zambrano Héctor Alexander, 2012), La composición de las aguas residuales abarca los componentes físicos, químicos y biológicos presentes en ellas. En función de la concentración y la naturaleza de estos constituyentes, las aguas residuales pueden clasificarse en categorías como fuertes, medias o débiles, lo cual influye directamente en los métodos y procesos necesarios para su tratamiento. Las aguas residuales también exhiben características fisicoquímicas que son determinantes para el diseño y la implementación de estrategias efectivas de manejo y tratamiento. Estas características comprenden parámetros tales como el pH, la demanda bioquímica (DBO), la demanda química de oxígeno (DQO), sólidos totales y la concentración de nutrientes, entre otros. Si estas aguas no son manejadas adecuadamente, los riesgos asociados con su disposición y tratamiento inadecuado pueden provocar impactos negativos en la salud pública y el medio ambiente. Por lo tanto, la correcta caracterización de estos parámetros es esencial para asegurar un tratamiento eficiente y el cumplimiento de las normativas ambientales y sanitarias.

### **2.1.3. Clasificación**

Según con (Tchobanoglous G., 2003) El agua residual que ingresa a la planta de tratamiento se compone en su mayoría por la contribución de:

- Aguas residuales domesticas
- Aguas residuales industriales
- Aguas residuales agrícolas
- Aguas residuales lluvias

**a) Aguas Residuales Domésticas.** Las aguas residuales domésticas son aquellas generadas en el ámbito doméstico, así como en establecimientos comerciales o públicos, y se caracterizan por la presencia de contaminantes orgánicos, como heces fecales, y sustancias derivadas de actividades de limpieza, como detergentes, jabones y otros productos químicos. Estas aguas pueden constituir un peligro considerable para la salud pública y el ecosistema debido a la presencia de agentes patógenos en su composición y la posibilidad de transmitir enfermedades si no se gestionan adecuadamente (Quiroz Fernández et al., 2018).

Según lo señalado por (Gómez, 1993), la concentración de contaminantes presentes en las aguas residuales domésticas es un factor determinante para seleccionar la técnica de tratamiento más adecuada. Este proceso debe garantizar que el tratamiento sea económicamente viable y que el agua tratada cumpla con los estándares establecidos para su disposición final o su reutilización, con el fin de minimizar los riesgos asociados a la salud pública y la conservación ambiental.

**b) Aguas Residuales Industriales.** Teniendo en cuenta a (Lapeña, 1989) El tratamiento de aguas residuales industriales (ARI) ha adquirido una relevancia creciente en la actualidad, impulsado por diversas razones. En primer lugar, se observa un aumento en la demanda de agua para aplicaciones industriales específicas, como en la industria electrónica, farmacéutica y la generación de vapor, lo cual requiere procesos de tratamiento más complejos y especializados. En segundo lugar, la calidad de los suministros de agua ha ido empeorando a lo largo del tiempo debido a la contaminación y al uso

intensivo. Finalmente, la presión de las normativas medioambientales obliga a las industrias a replantear sus procesos, lo que resulta en la necesidad de reducir el consumo de agua y tratar de manera eficiente las aguas residuales generadas. La descarga inapropiada de aguas residuales a cuerpos de agua superficiales constituye un problema ambiental grave que afecta la calidad del agua, altera los ciclos de nutrientes, modifica los ecosistemas acuáticos y limita los posibles usos futuros de esos cuerpos de agua. Esta contaminación es causada por la presencia de compuestos como sales inorgánicas, ácidos y álcalis, materia orgánica, sólidos en suspensión, residuos flotantes, colorantes, agua a temperaturas elevadas, productos químicos y metales pesados (Ricardo, 2010).

- c) **Aguas Residuales Agrícolas.** Las aguas residuales agrícolas originalmente por las actividades relacionadas con el riego están sujetas a regulaciones que establecen los límites máximos permitidos para la calidad del agua utilizada en la agricultura, estas normativas abordan diversas variables clave, tanto físicas como químicas y biológicas, tales como sólidos suspendidos y sedimentales, turbidez, color, temperatura, pH, oxígeno disuelto (OD). Demanda química de oxígeno (DQO), presencia de organismos coliformes, metales pesados y nutrientes. (Rivas Lucero B. A., 2003). Según (Lorenzo E. V., 2009), Se destaca que un tratamiento adecuado de las aguas residuales agrícolas, combinado con el cumplimiento de las normativas sobre reusó, facilita el aprovechamiento eficiente de grandes volúmenes de agua con un alto valor agronómico. Esto, a su vez favorece la sostenibilidad de las prácticas agrícolas y las conservaciones de los recursos hídricos.
  
- d) **Aguas Residuales Lluvias.** El agua de lluvia puede considerarse una fuente no convencional de agua, debido a su independencia de los sistemas de abastecimiento tradicionales de agua potable. Esta agua puede presentar una calidad aceptable para diversos usos si se captura y almacena adecuadamente, respetando los procesos de tratamiento necesarios para asegurar su potabilidad o calidad para usos específicos. (Hernández Avilés, 2020) afirman que, bajo

condiciones de captación y almacenamiento apropiadas, el agua de lluvia puede considerarse una fuente alternativa válida. Existen manuales y directrices específicas para la captación, recolección y tratamiento de aguas pluviales a través de sistemas descentralizados, como se ilustra en la Figura 1. A pesar de que el uso de aguas pluviales tratadas aún es un campo en desarrollo, varias investigaciones y artículos están orientados a explorar las mejores prácticas y tecnologías para su tratamiento y aprovechamiento, lo que abre nuevas posibilidades para la gestión eficiente de recursos hídricos(Hernández Avilés, 2020).

## **2.2. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES**

De acuerdo (Fajardo F. G., 2015), Los cuerpos receptores de desechos líquidos, como ríos, lagos y mares son incapaces de absorber y neutralizar la carga orgánica y contaminantes, por tal motivo las aguas residuales deben ser tratadas de manera eficiente para modificar las condiciones iniciales, al no realizar el proceso puede causar un deterioro significativo en la calidad del agua y en los ecosistemas acuáticos. Por lo tanto, las aguas residuales deben someterse a un tratamiento adecuado que altere sus condiciones originales y elimine los contaminantes presentes. Las diversas actividades humanas, como las industriales, agrícolas, ganaderas y recreativas, han contribuido al deterioro de las aguas superficiales, introduciendo sustancias químicas, metales pesados y microorganismos patógenos. Como solución a este problema, es crucial que el agua pase por una serie de procesos de tratamiento para reducir su carga contaminante, purificarla y, si es necesario, potabilizarla para su consumo humano. A continuación, se describen las etapas clave en el tratamiento de las aguas residuales:

Etapas de Tratamiento de Aguas Residuales:

- Tratamiento Preliminar
- Tratamiento Primario
- Tratamiento Secundario
- Tratamiento Avanzado o Terciario
- Desinfección

➤ Disposición de Lodos

**a) Tratamiento Preliminar**

El pretratamiento implica el uso de operaciones mecánicas y físicas para remover los sólidos grandes y materiales flotantes presentes en las aguas residuales, que podrían generar obstrucciones en las tuberías, bombas o equipos de tratamiento posteriores. Estas operaciones son fundamentales para evitar problemas de sedimentación y desgaste de los equipos, como la acumulación de residuos en los sistemas de alcantarillado, depósitos de sedimentos, o el daño de maquinaria (Muñoz Cruz A., 2008).

**b) Tratamiento Primario**

El tratamiento primario, la finalidad de la remoción de los sólidos suspendidos en las aguas residuales, son aquellos que pueden ser fácilmente sedimentados. Este proceso se realiza a través de técnicas físicas o físico químico, como la sedimentación y la flotación. Los sólidos sedimentables, que tienen una mayor densidad, tienden a depositarse en el fondo del tanque de sedimentación después de un período de reposo, mientras que los sólidos flotantes pueden ser removidos mediante flotación o skimming. Este tratamiento también incluye el uso de procesos complementarios como la coagulación y floculación, que facilitan la aglomeración de partículas pequeñas para su posterior eliminación (Muñoz Cruz A., 2008). Entre los métodos más comunes empleados en esta fase se incluyen:

- Remoción de sólidos gruesos
- Remoción de arena
- Tanque de sedimentación (decantación primaria)
- Flotación
- Procesos mixtos de tratamiento
- Procesos fisicoquímicos de mejora: floculación y coagulación

**c) Tratamiento Secundario**

En el tratamiento secundario, el principal objetivo es la remoción de la materia orgánica disuelta y suspendida en el agua residual mediante procesos biológicos, donde microorganismos como bacterias y protozoos degradan los compuestos orgánicos presentes. Según (Macías J. G. L., 2013), este proceso puede ejecutarse de manera aeróbica o anaeróbica, dependiendo de la presencia de oxígeno. Un ejemplo común de tratamiento secundario son los sistemas de lodos activados, donde los microorganismos se encuentran suspendidos en el agua o adheridos a un soporte, y la biomasa generada se recircula para mantener una concentración adecuada de microorganismos en el sistema. (Rojas R., 2002), menciona que los tratamientos biológicos de aguas residuales tienen una alta eficacia en la remoción de (DBO), y se clasifican en diversas tecnologías como:

- Filtración biológica: baja o alta capacidad
- Lodos activados: convencional, alta capacidad, estabilización por contacto, aeración prolongada
- Lagunas de estabilización: aireadas o no aireadas
- Procesos anaeróbicos: estabilización sin oxígeno
- Discos rotatorios: para tratamientos de alta eficiencia

#### **d) Tratamiento Avanzado o Terciario**

El tratamiento terciario se emplea para eliminar contaminantes específicos que no se eliminan en las etapas anteriores, como los sólidos suspendidos remanentes, nutrientes adicionales (nitrógeno y fósforo), patógenos y compuestos tóxicos. Este tratamiento complementa los procesos previos para producir un efluente de calidad superior, adecuado para su reutilización en diversas aplicaciones, como la recarga de acuíferos, el riego agrícola, usos industriales o incluso la recreación. Las sustancias comúnmente removidas durante el tratamiento terciario incluyen:

- Fosfatos y nitratos
- Huevos y quistes de parásitos
- Sustancias tensoactivas
- Algas

- Bacterias y virus (mediante desinfección)
- Radionúclidos
- Sólidos totales y disueltos
- Control de temperatura del efluente (Núñez Bautista S. S., 2020).

Algunos de los procesos más utilizados en esta etapa incluyen:

- Filtración avanzada
- Adsorción mediante carbón activado
- Desnitrificación y eliminación de fósforo
- Desinfección UV y cloración

Cada una de estas etapas tiene como finalidad asegurar que el agua residual tratada cumpla con los estándares de calidad exigidos para su uso, minimizando así los riesgos ambientales y de salud pública derivados de la disposición inapropiada de aguas residuales no tratadas.

**Tabla 1**  
*Procesos de tratamiento avanzado y eficiencia remocional.*

Proceso	EFICIENCIA REMOCIONAL							
	SS	DBO	DQO	$NH_3$	N	$NO_3$	$PO_4$	STD
Arrastre de amoníaco				85-90				
Filtración								
Múltiple	80-90	50-700	40-60		20-40			
Diatomea	95-99							
Microfiltro	50-80	40-70	30-60		20-40			
Destilación	99	98-99	95-98		90-98	99	99	95-99
Flotación	60-80				20-30			
Congelación	95-98	95-99	90-99		90-99	99	99	95-99
Separación fase gas				50-70				
Aplicación en suelo	95-98	90-98	80-90	60-80	80-95	5-15	60-90	
Ósmosis inversa	95-98	95-99	90-95	95-99	95-99	95-99	95-90	95-99
Porción		50	40				99	10

*Nota.* Tomado por (Rojas R., 2002)

**e) Desinfección.**

De acuerdo a (Rojas R., 2002) La desinfección, tiene un paso crucial en el tratamiento de aguas residuales, por el cual, tiene un propósito es eliminar los microorganismos patógenos presentes que están en el agua. Este proceso se realiza por el uso de agente químicos físicos mecánicos o por radiación. El método que se ha utilizado es la desinfección química, principalmente con cloro, como también se puede emplear en otras sustancias como ozono o dióxido de cloro. El objetivo del proceso de destruir selectivamente bacterias virus protozoos y quites amebianos, que son responsables de diversas enfermedades infecciosas. La desinfección es en buscar reducir o eliminar la carga microbiana en el fluente.

**f) Disposición de lodos**

De acuerdo con (García O. N. J. C, 2006), los lodos que son generados en las plantas de tratamiento de aguas residuales, se presenta niveles elevados de materia orgánica biodegradable compuestos contaminantes, lo que impide que se dispongan de manera directa o sin tratamiento adicional. Con una adecuada disposición final de los lodos es esencial para prevenir la contaminación del entorno y los riesgos para la salud pública. Para lograr, los lodos deben someterse a varios procesos de acondicionamiento y estabilización, con el fin de reducir su volumen y el contenido de materia orgánica, haciéndolos aptos para su disposición o reutilización.

Los métodos utilizados para el tratamiento y manejo de lodos, se incluyen procesos de concentración, que busca aumentar la densidad de los lodos, por la eliminación de agua, la digestión, que es la descomposición biológica de la materia orgánica a través de microorganismos, así eliminando gran parte de los

patógenos, también es disminuir el volumen de los lodos y el acondicionamiento, que puede implicar el uso de productos químicos, para mejorar la deshidratación o estabilización de los lodos. También, esto se emplean con técnicas de deshidratación o secado, que esto consisten en la reducción del contenido de agua de los lodos, usando métodos como filtros prensa, lechos de secado o centrífugas. Con estas etapas avanzadas, que los lodos pueden ser sometidos a incineración u oxidación, lo que permite reducir aún más su volumen y materia orgánica, convirtiéndolos en residuos sólidos estables.

De acuerdo (Amador Díaz A., 2015) Se detallan las características de los lodos generados por distintos procesos de tratamiento, lo cual facilita una comprensión más clara de la eficiencia de cada método y su adecuación según las necesidades particulares de la planta de tratamiento, así como las normativas locales aplicables.

**Tabla 2**  
*Características de lodos.*

Tipo de lodo	Aspecto	Olor	Secado	Humedad %
Primario	Pardo y pegajoso	Fuerte	Difícil	95,0 - 97,5
Secundario				
Filtro Biológico	Ceniciento-Flocuente	Medio	Medio	92,0 - 99,5
Lodo activado	Marron flocuente	Suave	Difícil	98,5 - 99,5
Precipitación química	Ceniciento - gelatinoso	Fuerte	Difícil	93,0 - 95,0
Lodo séptico	Negro	Fuerte		
				S.P, 87
Lodo digerido	Negro homogéneo	Suave	Fácil	F.B. 90
	Granular			L.A. 93
				P.Q. 90

*Nota.* Tomando Rojas (2002); Tipo de lodo, Filtro biológico, Lodo Activo

### **2.3. IMPACTOS DE LAS AGUAS RESIDUALES EN EL MEDIO AMBIENTE Y LA SALUD**

El vertido de aguas residuales sin el tratamiento adecuado constituye una de las principales fuentes de contaminación ambiental, con consecuencias negativas tanto para los ecosistemas acuáticos como para la salud pública. (Ernesto et al., 2019) La liberación de estos efluentes en cuerpos de agua, sin haber sido sometidos a procesos de depuración y purificación, provoca una serie de alteraciones ecológicas y sanitarias significativas. Entre los impactos más relevantes se encuentran los siguientes:

**a) Contaminación de fuentes de agua potable:** Las aguas residuales no tratadas pueden infiltrarse en los acuíferos subterráneos o contaminar fuentes superficiales como ríos, lagos y embalses, que son utilizadas como fuentes de abastecimiento de agua potable. Esta contaminación presenta riesgos directos para las comunidades humanas que dependen de estos cuerpos de agua para su consumo, y requiere un costoso proceso de purificación para hacerla apta para el consumo humano. (Quiroz et al., 2018)

**b) Destrucción de hábitats acuáticos:** El vertido de aguas residuales en cuerpos de agua puede afectar gravemente los ecosistemas acuáticos. La carga de materia orgánica y nutrientes como nitrógeno y fósforo, junto con sustancias tóxicas, altera la composición química y biológica del agua. Esto puede generar fenómenos como la eutrofización, un proceso en el cual el exceso de nutrientes fomenta el crecimiento descontrolado de algas que, a su vez, reduce los niveles de oxígeno disuelto, matando a organismos acuáticos y alterando la biodiversidad. (Cedeño Muñoz, 2019)

**c) Alteración de los ciclos de nutrientes y la dinámica ecológica:** Las aguas residuales contienen una variedad de nutrientes y compuestos orgánicos que, al ser liberados en el medio ambiente, alteran el ciclo natural de los nutrientes, como el carbono, el nitrógeno y el fósforo. Estos desequilibrios pueden tener efectos duraderos en la estructura y funcionamiento de los ecosistemas acuáticos, afectando no solo la flora y fauna acuáticas, sino también los servicios ecosistémicos que estos proporcionan, como la filtración de agua, el control de inundaciones y el sustento de la pesca. (Quiroz Fernández et al., 2018)

**d) Propagación de enfermedades transmitidas por el agua:** Las aguas residuales son un caldo de cultivo para numerosos patógenos, incluidos bacterias, virus, protozoos y helmintos. El contacto directo con aguas contaminadas puede provocar enfermedades gastrointestinales, dermatológicas y respiratorias. Entre las más comunes se encuentran enfermedades como el cólera, la hepatitis A, la disentería y otras infecciones transmitidas por el agua. Estos patógenos son especialmente peligrosos en áreas con sistemas de saneamiento inadecuados, donde las aguas residuales contaminan las fuentes de agua potable y provocan brotes epidémicos. (Sánchez, 2015)

**e) Impacto en la salud humana y bienestar social:** Además de las enfermedades mencionadas, la exposición prolongada a aguas residuales contaminadas puede ocasionar efectos crónicos sobre la salud humana, como la intoxicación por metales pesados (por ejemplo, plomo y mercurio), que afectan el sistema nervioso y los órganos internos. La contaminación por productos químicos industriales y pesticidas también está vinculada a enfermedades más complejas, como cáncer, alteraciones endocrinas y trastornos reproductivos. La presencia de estos contaminantes no solo genera riesgos para la salud, sino que también pone una carga significativa en los sistemas de salud pública, elevando los costos en el tratamiento de enfermedades. (Ernesto et al., 2019)

**f) Desplazamiento de comunidades y pérdida de recursos productivos:** En regiones donde las aguas residuales se vierten sin tratamiento adecuado, las comunidades cercanas pueden enfrentar la pérdida de recursos naturales esenciales, como el agua potable y los terrenos agrícolas. La contaminación de fuentes de agua afecta directamente a la seguridad alimentaria y la calidad de vida de los habitantes, provocando migraciones forzadas y conflictos por el acceso a agua limpia. Asimismo, la disminución de la biodiversidad acuática afecta a la pesca, una fuente de sustento para muchas comunidades. (Cedeño Muñoz, 2019)

**g) Impactos en la economía:** El tratamiento inadecuado de aguas residuales también tiene repercusiones económicas a largo plazo. Los costos asociados a la remediación ambiental, la rehabilitación de ecosistemas y el tratamiento de enfermedades provocadas por la contaminación del agua son elevados. Además, la pérdida de productividad en sectores como la pesca, el turismo y la agricultura, debido a la contaminación de los recursos hídricos, genera impactos negativos en la economía local y global. (Ernesto et al., 2019)

En resumen, los impactos de las aguas residuales no tratadas son multifacéticos y afectan tanto al medio ambiente como a la salud humana y la economía. La implementación de sistemas de tratamiento adecuados no solo es crucial para mitigar estos efectos negativos, sino que también es fundamental para la sostenibilidad a largo plazo de los ecosistemas y la calidad de vida de las poblaciones.

**Figura 1**  
*Agua residual*



*Nota.* Contaminación con agua residual

## **CAPITULO III: METODOLOGÍA**

### **3.1 TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.1.1 Tipo**

(Shuttleworth, 2021) El diseño de investigación descriptiva es un enfoque metodológico ampliamente utilizado en estudios científicos, especialmente cuando se busca analizar y comprender un tema o fenómeno de forma detallada y precisa. Este diseño es particularmente útil para abordar temas o sujetos específicos, proporcionando una base sólida de información que puede ser utilizada como antecedente para investigaciones más profundas o cuantitativas en el futuro.

El método descriptivo es esencial para la evaluación del sistema de alcantarillado sanitario, ya que es primordial recopilar y analizar los datos importantes para identificar los problemas, este enfoque no busca modificar el sistema sino establecer una base sólida para intervenciones futuras.

#### **3.1.2 Nivel**

(Bernal, 2016), El método evaluativo, es un proceso sistemático de diseño obtención y presentación de información más relevante, el objetivo principal no es encontrar una solución definitiva, sino perfeccionar las alternativas y mejorar las decisiones tomadas.

### **3.2 MÉTODO, ENFOQUE Y DISEÑO**

#### **3.2.1 Método**

De acuerdo con (Bernal, 2016), El enfoque deductivo aplicando al sistema de alcantarillado sanitario para la cabecera cantonal de Santa Elena, permite

abordar el problema de manera ordenada, utilizando generalmente el diseño y mantenimiento de la infraestructura sanitario, por el cual, la inferencia de datos y análisis s de la situación actual, está basado en teoría, con ello es posible identificar deficiencias.

### **3.2.2 Enfoque**

(Del Canto & Silva, 2013), Es de enfoque metodológico de la presente investigación se orienta principalmente hacia un paradigma cuantitativo, lo cual implica que la recolección de datos, así como su posterior análisis, se fundamentan en la utilización de herramienta técnica numérica.

### **3.2.3 Diseño**

Según (Bernal, 2016), El diseño estadístico se analiza la capacidad de hidráulica en el colector como variable independiente, el uso de este método estadístico se puede obtener una evaluación precisa y realiza proyecciones sobre las demandas futuras.

## **3.3 POBLACION, MUESTRA Y MUESTREO**

### **3.3.1 Población**

(Bernal, 2016) La población es el conjunto total de elementos que tienen ciertas características similares y que son el objeto de estudio de la investigación. Es la totalidad de individuos, unidades o casos que cumplen con los criterios definidos por el investigador para el análisis. Este concepto se puede entender de manera muy amplia y abarca todos los posibles elementos que podrían ser seleccionados si se pudiera observar cada uno de ellos.

### 3.3.2 Muestra

(Tamayo, 2010) La muestra es un subconjunto de la población de interés, seleccionada de manera deliberada (o aleatoria, dependiendo del tipo de muestreo) con el fin de obtener información representativa sobre esa población sin tener que estudiar a todos sus elementos.

### 3.3.3 Muestreo

(Bernal, 2016) El muestreo son los elementos concretos seleccionados dentro de la población para formar parte de la muestra. En otras palabras, son las unidades que se eligen del conjunto de la población para la observación directa y el análisis.

## 3.4 UBICACIÓN DEL SECTOR DE ESTUDIO

Cantón santa elena, Provincia de Santa Elena.

**Figura 2**  
*Ubicación geográfica*



*Nota.* Tomado de google Earth

### **3.5 METODOLOGIA DEL O.E.1: REALIZAR EL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DEL SECTOR DONDE SE ENCUENTRA UBICADO EL COLECTOR PRINCIPAL DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE SANTA ELENA**

#### **3.5.1 Levantamiento Topográfico.**

El levantamiento topográfico facilito en la planificación y diseño de la infraestructura hidráulicas para el sistema de alcantarillado sanitario. Con este estudio se detalló el área de aportaciones donde se encuentra el colector principal de la red de alcantarillado permito obtener con eficiencia los datos requeridos, esto es un factor clave para la optimización y mejoramiento del sistema de alcantarillado sanitario.

##### ***3.5.1.1. Planeación del Levantamiento***

- 1) **Selección del área de estudio:** Se delimito claramente el área geográfica a estudiar, que incluye la ubicación y los alrededores del colector principal. Este proceso se basó en planos y datos previos proporcionados por las autoridades municipales o encargados del sistema de saneamiento.
- 2) **Levantamiento topográfico:** Se estudio el lugar de terreno donde consiste en medir, con el uso de equipo como estación total, GPS, y nivelación para obtener los datos requeridos para el diseño del sistema de alcantarillado sanitario.

#### **3.5.2. Evaluación De Sistema De Alcantarillado**

Para realizar una evaluación eficiente al sistema de alcantarillado existente, es necesario realizar un estudio meticuloso para efectuar la evaluación correspondiente, basado en los datos recopilados, así como en la interpretación de los diversos conceptos y formulas derivadas de la teoría aplicable al análisis del sistema de alcantarillo sanitario en el Cantón Santa Elena de la cabecera cantonal.

### **3.6 METODOLOGIA DEL O.E.2: REDISEÑAR EL COLECTOR PRINCIPAL DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE SANTA ELENA, OPTIMIZANDO LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS ACTUALES Y FUTURAS**

El rediseño del sistema de alcantarillado sanitario del colector principal es una de las estrategias clave para optimizar el flujo de aguas residuales, mejorar la capacidad hidráulica y garantizar la eficiencia operativa del sistema a largo plazo. Dado el aumento de la densidad poblacional y el crecimiento urbano, es fundamental revisar y ajustar el diseño de la red de alcantarillado, frente a la demanda actual y futura. En este sentido, el proceso de rediseño se basa en un análisis detallado de las condiciones hidráulicas existentes, utilizando herramientas y enfoques técnicos.

La principal metodología que se realizó para el rediseño integral del sistema de alcantarillado sanitario del colector principal, mejorando sus condiciones hidráulicas actuales, con el uso de técnicas avanzadas de análisis y optimización. Este rediseño se busca incrementar la capacidad de transporte de aguas residuales, así también reducir pérdidas por obstrucción, con ello mejoramos la velocidad de evacuación y garantizar el mantenimiento adecuado del sistema, con todo esto se realiza con las normativas técnicas vigentes.

#### **1) Datos Obtenidos**

La información de la densidad poblacional y estudio técnico fue brindada por la empresa AGUAPEN EP.

## **2) Procesamiento y Análisis de Datos.**

- a) **Diseño del área de Aportación:** Con los datos obtenidos, se realizó el diseño de las áreas de aportación donde se utilizó el programa AutoCAD, por el cual es una representación visual precisa del lugar donde se está trabajando en nuestro proyecto de titulación.

## **3) Evaluación de Impactos Geográficos y Poblacionales en el Sistema de Alcantarillado.**

Se analizaron las características de lugar donde se trabajó para identificar posibles puntos de desbordarían en la red de alcantarillados notario, así como áreas de acumulación de agua en la zona del cantón de Santa Elena.

## **4) Diseño de Soluciones Hidráulicas.**

Se analizo las dimensiones actuales del colector (diámetro, pendiente) y, si es necesario, con el aumento de diámetro o la modificación de la pendiente en las secciones donde el flujo de aguas residuales supera la capacidad de transporte, utilizando los criterios hidráulicos establecidos en la normativa vigente.

### **3.6.1. Áreas de Aportación**

El área de aportación corresponde a la segmentación de diversas superficies dentro de la zona original del sector 156 existente. Este análisis se realizó mediante el levantamiento topográfico del área, y se determinó que la población actual ocupa aproximadamente una superficie 177 hectáreas.

### 3.6.2 Cálculos del Área de Aportación

#### 1) Dotación

La dotación de agua está determinada por variables como el clima, el tamaño poblacional, las costumbres culturales, el entorno económico y los datos de consumo de agua de la zona. Se refiere a las cantidades de agua asignadas en función de las condiciones climáticas y el número de habitantes.

**Tabla 3**

*Dotación de agua futura*

Población (Habitantes)	Clima	Dotación Media Futura(L/Hab7día)
Hasta 500	Frio	120 - 150
	Templado	130 - 160
	Calido	170 - 200
5000 a 50000	Frio	180 - 200
	Templado	190 - 220
	Calido	200 - 230
Mas de 50000	Frio	>200
	Templado	>220
	Calido	>230

*Nota.* Tomado por Rojas (2002).

La cabecera cantonal de Santa Elena presenta un ambiente cálido con la población futura de 5000 habitantes, por ello se ha seleccionado una dotación de 200 l/ha/día, basándome en los parámetros técnicos.

#### 2) Caudales De Diseño

El diseño debe considerar tanto del caudal para aguas residuales en el diseño de sistemas de saneamiento, se consideran las contribuciones de aguas originadas en la red doméstica, aguas de infiltración subterránea y aportes ilegales o no autorizados.

$$Q_{\text{diseño}} = Q_{\text{max}} + Q_i + Q_{\text{il}}$$

Donde:

$Q_{\text{max}}$ = Caudal máximo horario

$Q_i$ = Caudal de Infiltración

$Q_{\text{il}}$ =Caudal ilícito

### 3) Caudal de aguas servidas

El caudal prioritario en el diseño de un sistema de alcantarillado corresponde a las aguas residuales domésticas. El cálculo del caudal diario promedio anual se determina en función de la población y la dotación de agua.

$$Q_{\text{md}} = ((\text{Población final} \times \text{Dotación}) / 86400 \text{ s/día}) * C_r$$

### 4) Factor de mayoración (M)

Este factor está normado y generalmente se encuentra en el rango de valores entre 2 y 2.3.

$$M = \frac{18 + \sqrt{P/1000}}{4 + \sqrt{P/1000}}$$

### 5) Caudal máximo horario

El caudal máximo horario se calcula multiplicando el caudal diario promedio anual por el factor de mayoración K.

$$Q_{\text{max}} = Q_{\text{md}} * M$$

### 6) Caudal de Infiltración

El caudal de infiltración se determina mediante una fórmula que se aplica a áreas de menos de 40.5 hectáreas.

$$Q_{inf} = Coe_{Inf} * A_{Acum}$$

### **7) Caudal Ilícito**

El caudal ilícito ocurre cuando las viviendas conectan el sistema de tuberías de aguas pluviales al alcantarillado sanitario, y este caudal debe sumarse al caudal de diseño.

$$Q_{ili} = Coef. Q_{ilicito} * \text{Área ac.}$$

### **8) Caudal de diseño.**

El caudal de diseño es el valor total para el dimensionamiento de nuestros sistemas de alcantarillado sanitario, que incluye los aportes de aguas residuales domésticas, también infiltración y por último los caudales ilícitos.

$$q = Q_{max} + Q_{ili} + Q_{inf}$$

## **3.7 METODOLOGIA DEL O.E.3: PROPONER LA SOLUCIÓN TÉCNICA QUE PERMITE MITIGAR LAS ANOMALÍAS Y DEFICIENCIAS DEL COLECTOR PRINCIPAL DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE SANTA ELENA**

El colector principal del sistema de alcantarillado sanitario es un componente crítico en la infraestructura urbana que asegura la evacuación eficiente de las aguas residuales. Sin embargo, con los diversos factores como el envejecimiento de las infraestructuras, la sobrecarga de la red y la falta de mantenimiento, pueden surgir anomalías y deficiencias en su funcionamiento. Estas fallas pueden incluir

obstrucciones, deterioro estructural, desbordamientos, e ineficiencia hidráulica. En este contexto, se propone soluciones técnicas adecuadas que permite mitigar estos problemas, restaurando el rendimiento óptimo del sistema y garantizando la salud pública, la sostenibilidad y la eficiencia operativa del colector principal.

La metodología que identificamos las anomalías y deficiencias, que son presentes en el colector principal del sistema de alcantarillado sanitario, por el cual, se propone soluciones técnicas innovadoras y sostenibles, que esto se aborda los problemas. Con esta solución se busca mejorar la capacidad hidráulica, que es prevenir futuros daños estructurales y también, es asegurar la eficacia del sistema en la gestión de aguas residuales.

## **1) Diagnóstico Previo de las Anomalías y Deficiencias**

**a) Recolección de datos existente:** Se recopiló registros de inspecciones para la falla en el colector principal, incluyendo problemas recurrentes como obstrucciones, colapsos, y desbordamientos. Esta información fue facilitada por la empresa AGUAPEN EP.

**b) Análisis hidráulico:** A través de modelos hidráulicos (usando software como sewerGEMS), se simuló las condiciones actuales del colector y se identificó secciones con sobrecarga hidráulica, bajas velocidades de flujo o puntos de acumulación de agua.

## **2) Identificación de las Causas Raíz de las Deficiencias**

**a) Análisis de sobrecarga:** Se estudió la demanda de aguas residuales en relación con la capacidad de diseño del colector principal. Esto incluyó un análisis de la densidad poblacional y el crecimiento urbano en las áreas que el colector sirvió para identificar si las deficiencias provienen de una sobrecarga de caudal que excede la capacidad de transporte del sistema.

- b) **Revisión de la topografía:** Se evaluó las condiciones topográficas que puedan estar afectando el flujo del colector, como zonas con pendientes insuficientes o con altos puntos de acumulación de agua, que contribuyen a la inestabilidad hidráulica o al estancamiento de aguas residuales.

### 3) **Diseño de Soluciones Técnicas**

Redimensionamiento del colector, que se detectó para que las dimensiones actuales del colector sean insuficientes para manejar el caudal de aguas residuales, por eso se propone el aumento de diámetro de las tuberías para distribuir la carga hidráulica. El rediseño ya cuenta con las proyecciones de crecimiento urbano, también con las demandas futuras de alcantarillado.

### 4) **Simulación y Modelado de la Solución Propuesta**

- a) **Modelado hidráulico post-solución:** Una vez propuestas la solución técnica, se llevó a cabo un nuevo modelo hidráulico utilizando software especializado para simular el comportamiento del sistema con las mejoras implementadas. Este modelo permitirá verificar que la capacidad hidráulica del colector mejorada sea suficiente para manejar el caudal esperado, minimizando las posibilidades de desbordamientos o puntos de congestión.

- c) **Evaluación del impacto de la solución:** Analizamos el impacto sobre la solución que proponemos con los términos de eficiencia operativa, costos de mantenimiento, reducción de obstrucciones y también, el aumento de la vida útil del sistema. Consideramos la implicación ambiental, como la reducción del riesgo de contaminación o mejorar la calidad del agua tratada.

- d) **Evaluación y caracterización del sistema de recolección y transporte:** La cabecera Cantonal de Santa Elena dispone de un sistema alcantarillado encargado de la recolección de aguas residuales, el cual que fue implementado

en el año 2024, se logró identificar la composición y configuración de sus componentes.

- Conexiones intradomiciliarias de PVC Ø 110 mm
- Tubería terciaria con Ø 160 mm
- Tubería de tirantes Ø 220 mm
- Tubería de colectores Ø 250 mm
- Tubería de impulsión Ø 150 mm
- Cajas de registro de 0,80 x 0,80 m
- Cámaras de inspección (Ø 1,60 m)
- Cámara de impulsión (Ø 1,60 m)

La normativa vigente sobre Saneamiento Ambiental y Obras Sanitarias, así como el reglamento del Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias (IEOS), CO (10.07-601). Se establece descargas en las conexiones debe realizarse de siguiendo procedimientos técnicos especializados, asegurando la estanqueidad de la unión, Además, se debe garantizar el flujo adecuado de la alcantarilla, como esto se encuentra situadas en el dominio público y tienen la responsabilidad de recolectar el caudal proveniente las conexiones domiciliarias, estas conexiones se interrelacionan a través de cajas de registro y sus correspondientes conexiones, las cuales deben garantizar un funcionamiento adecuado del sistema.

El diseño hidráulico del sistema de alcantarillado se adapta de forma precisa a los lineamientos establecidos por la normativa vigente CO (10.07-601); (NORMAS PARA ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMA DE AGUA POTABLE Y DISPOSICION DE AGUAS RESIDUALES PARA POBLACIONES MAYORES A 1000 HABITANTES).

- Es fundamental que la tubería no forme desniveles o gradas, ya que estos generarían obstrucciones que provocarían la acumulación de sólidos.
- La tubería debe operar en un estado no completamente lleno, esto requiere de los fluidos no alcances los niveles altos, evitando la acumulación de gases.

- De acuerdo a la norma INEN su velocidad mínima de flujo para el diseño de un sistema de alcantarillado sanitario no debe ser inferior a 0,45 m/s y siendo preferible la velocidad de 0,6 m/s.
- La capacidad hidráulica del sistema debe ser suficiente para el caudal de diseño y así garantizar la velocidad permita la autolimpieza de las tuberías.

## 5) Implementación del Hidrocleaner

(VILLACRÉS, 2016) La metodología para la implementación del sistema de alcantarillado sanitario empleando el Hidrocleaner se desarrollará en varias fases, con el objetivo de garantizar la eficiencia, seguridad y calidad en la rehabilitación de las tuberías existentes, minimizando el impacto ambiental y la interrupción del servicio. A continuación, se detallan los pasos metodológicos para el uso adecuado de esta tecnología:

- a) **Inspección de Infraestructura Existente:** Antes de la intervención, se llevará a cabo una inspección exhaustiva del sistema de alcantarillado sanitario, utilizando cámaras de inspección. Esto permitirá identificar las condiciones actuales de las tuberías, como posibles bloqueos, corrosión o daños estructurales, y determinar los tramos que requieren rehabilitación.
- b) **Uso del Hidrocleaner:** Se evalúa la viabilidad de utilizar el equipo de hidrocleaner, así verificando que las tuberías estén aptas para su rehabilitación, lo que se opta por el cambio de diámetros adecuados y de la ausencia de obstáculos.

### 3.8 CUADRO DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

**Tabla 4**

*Cuadro de Operacionalización de variables*

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional.	Dimensiones	Indicaciones	Escala
Evaluación del sistema sanitario existente.	El sistema de alcantarillado sanitario es necesario realizar un proceso evaluativo para su eficiencia.	Se determina mediante una inspección del todo el sistema de alcantarillado verificando las coordenadas y pendientes.	Diámetro de Tubería	Descarga de agua	mm
			Caudal	Total, de Agua	m <sup>3</sup> /s
			Pendiente	Relieve de terreno	%
			Velocidad	Tiempo	m/sg
Rediseño del sistema de alcantarillado sanitario.	El Diseño del sistema de alcantarillado, es un proceso de planificación y evaluación.	Se determina dependiendo de la población existente y el tipo de uso que se vaya a asignar.	Área de aportación	Área de proyecto	m <sup>2</sup>
			Población	No de Habitantes	Personas
			Terreno	Relieve	m

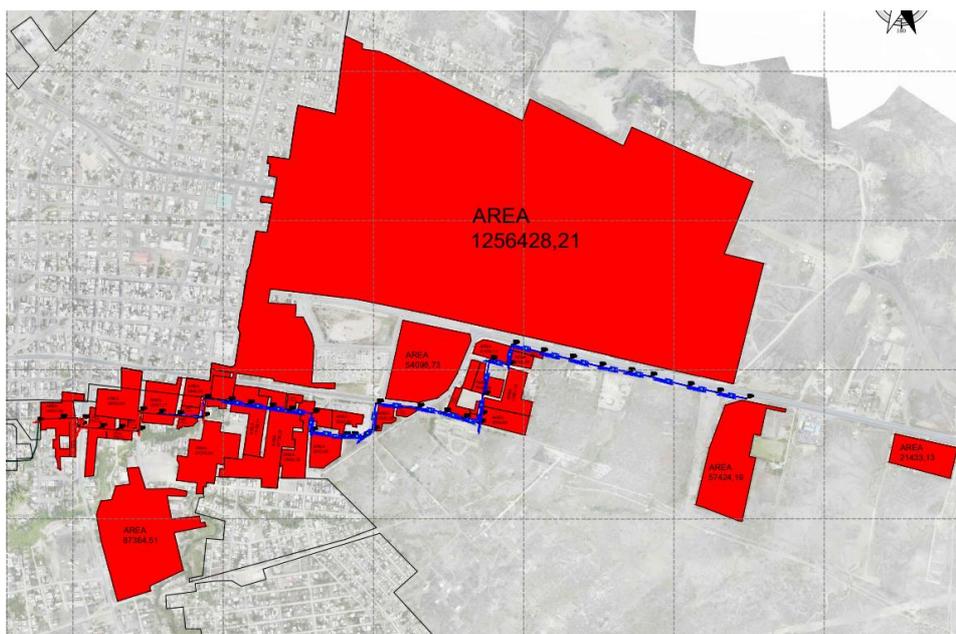
## CAPITULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 4.1 RESULTADOS DE O.E.1: REALIZAR EL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DEL SECTOR DONDE SE ENCUENTRA UBICADO EL COLECTOR PRINCIPAL DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE SANTA ELENA.

#### 4.1.1 Características generales de superficie.

La cabecera cantonal abarca una superficie de 325 hectáreas donde, se hizo el estudio del sistema de alcantarillado de 177 hectáreas se encuentran abasteciendo al colector principal llamado k:

**Figura 3**  
*Áreas de abastecimiento existentes de alcantarillado.*



*Nota.* Elaborado por: Daniel Rodríguez- Carlos Reyes

Se realizó un levantamiento topográfico detallado del terreno donde se encuentra el colector principal del sistema de alcantarillado sanitario. Este levantamiento incluyó la medición de elevaciones, la determinación de pendientes y la identificación de características geográficas clave, como ríos, áreas inundables y barrancos, que puedan afectar el flujo del sistema. La información obtenida permitió una visualización precisa de las variaciones de terreno y la posible influencia de estas en el comportamiento hidráulico de la red de alcantarillado.

**Tabla 5**

*Resumen de Diseño vial de algunas calles dentro del área de estudio*

N°	Colector	Longitud	pendiente	DESCRIPCION
28		76,7m	0,39%	Calle Atahualpa
29		67,5m	0,65%	Calle Julio Moreno
30		82,9m	0,20%	
31		61,5m	0,30%	Calle 24 de abril
32		64,0m	0,37%	
33		62,8m	0,22%	BARRIO MARQUEZ DE LA PLATA Calle 10 de Agosto
34		66,1m	0,09%	
35		62,2	0,33%	Calle Dr. Velazco Ibarra
36		68,0m	0,03%	
37		26,1m	0,39%	Calle Chanduy
38		69,1m	0,20%	Calle Velazco Ibarra
39		72,8m	0,26%	

*Nota.* Longitudes y Pendientes

**Tabla 6**

*Cuadro de Coordenadas con el sistema UTM que delimitan el área de estudio*

	Coordenadas			
	Norte	Este	Cotainver	Cota de la tapa
Pozo 28	9753394,504	516014,19	30.593	33,316

Pozo 29	9753402,927	515935,807	29,116	34,094
Pozo 30	9753342,612	515929,093	28,657	30,806
Pozo 31	9753348,274	515843,915	28,482	32,945
Pozo 32	9753352,994	515783,747	28,234	31,394
Pozo 33	9753361,000	515720,437	27,975	30,205
Pozo 34	9753296,389	515714,517	27,826	30,036
Pozo 35	9753301,195	515649,482	27,750	31,706
Pozo 36	9753305,150	515587,66	27,542	33,105
Pozo 37	9753313,388	515520,187	27,519	34,716
Pozo 38	9753334,184	515528,731	27,416	34,689
Pozo 39	9753335,970	515455,954	27,275	30,331
Pozo O-6	9753330,900	515382,58	27,088	32,271

*Nota.* Coordenadas obtenidas con equipo Estación Total.

El estudio topográfico realizado ha proporcionado información esencial para comprender las características físicas y geográficas del área, así como la distribución y proyección de la población, factores que afectan directamente la demanda del sistema de alcantarillado. Con estos datos, se podrán tomar decisiones fundamentadas sobre la optimización del diseño y la expansión del sistema, asegurando su operatividad a largo plazo. Además, las zonas identificadas como críticas serán evaluadas para implementar soluciones que garanticen la eficiencia del colector principal en la evacuación de aguas residuales, reduciendo el riesgo de fallas estructurales y operativas en el futuro.

**Figura 4**  
*Levantamiento topográfico*



*Nota.* Recolección de datos en sitio

## 4.2 RESULTADOS DE O.E.2: REDISEÑAR EL COLECTOR PRINCIPAL DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE SANTA ELENA, OPTIMIZANDO LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS ACTUALES Y FUTURAS

El rediseño del sistema de alcantarillado sanitario del colector principal se realizó con el objetivo de optimizar sus condiciones hidráulicas, mejorando tanto su eficiencia como su capacidad de manejo de aguas residuales. Este rediseño se llevó a cabo tras un análisis detallado de las condiciones actuales del colector y la evaluación de las necesidades futuras derivadas del crecimiento poblacional y las características del entorno.

### 4.2.1 Rediseño del Colector Principal Utilizando AutoCAD

Para abordar estas deficiencias y optimizar las condiciones hidráulicas, se realizó un rediseño exhaustivo de la red de alcantarillado. El uso del programa AutoCAD y Sewergems permitió realizar el diseño detallado y la modelización de los cambios propuestos. Entre los aspectos clave del rediseño se incluyen:

Ampliación de las dimensiones de los conductos en tramos con capacidad insuficiente, garantizando un mayor flujo sin comprometer la funcionalidad del sistema.

**Figura 5**  
*Rediseño del sistema de alcantarillado.*



*Nota.* Realizado en el programa AutoCAD.

El rediseño del sistema de alcantarillado sanitario del colector principal, realizado mediante el uso del programa AutoCAD, ha permitido optimizar las condiciones hidráulicas del sistema, mejorando tanto su capacidad como su eficiencia. Las modificaciones implementadas aseguran que el sistema podrá satisfacer las necesidades actuales y futuras de la población, reduciendo al mismo tiempo el riesgo de colapsos o desbordamientos. Asimismo, el empleo de herramientas de modelado avanzadas ha facilitado la visualización y planificación de los cambios, lo que ha permitido un diseño más preciso y efectivo.

Los resultados mostraron que, con los cambios implementados, el sistema tiene una mayor eficiencia hidráulica y es capaz de manejar un volumen mayor de aguas residuales sin riesgo de colapsos ni desbordamientos.

- 1) Dotación. Se adoptó una dotación de 200 lt/hab/día, en función de la población y las características climáticas, con menor a 5000 habitantes, por un clima cálido, conforme a lo estipulado en la tabla la norma CPE INEN 5 Parte 9-1 (1992)
- 2) Densidad poblacional futura. Para el cálculo, se utilizó la Ecuación, que corresponde cantidad estimada de habitantes por hectáreas.
  - a) **Dotación.** Según la tabla para el estudio de sistemas de agua potable. Siendo D dotación por persona y por día y Dp la dotación promedio del sector analizado, se tiene:

$$D = 130 \text{habl} / \text{sg} *$$

$$Dp = 55 \text{l} / \text{sg}$$

- b) **Caudal de aguas residuales domésticas.** Con los datos previos, se procede a determinar el caudal de las aguas residuales domésticas.

$$Q_{med} = \frac{CR * D * P}{86400}$$

$$Q_{med} = \frac{0.8 * 55 * 2132}{86400}$$

$$Q_{med} = 1.0857 \text{ l/sg}$$

c) **Caudal máximo horario.** Para el caudal máximo horario, se aplica un factor de mayoración de 3.6 por formulas establecidas.

Habbit: para poblaciones menores a 1000 habitantes.

$$M = \frac{5}{p^{0.2}}$$

Primero se obtiene el coeficiente de Mayoración por la ecuación Harmon para poblaciones mayores a 1000 habitantes.

$$M = \frac{18 + \sqrt{P/1000}}{4 + \sqrt{P/1000}}$$

$$M = \frac{18 + \sqrt{2132/1000}}{4 + \sqrt{2132/1000}}$$

$$M = 3.6$$

Y luego se procede a calcular el caudal máximo

$$Q_{max} = Q_{med} * M$$

$$Q_{max} = 1.0857 * 3.6$$

$$Q_{max} = 3.8696 \text{ l/sg}$$

d) **Caudal de infiltración.** Para determinar el caudal de infiltración, se empleó un valor de 0.1 lt/s, utilizando en el cálculo mediante la siguiente ecuación.

$$Q_{inf} = Coe_{inf} * A_{acum}$$

$$Q_{inf} = 0.1 \text{ l/sg} * 7.8$$

$$Q_{inf} = 0.7880 \text{ l/sg}$$

El caudal de infiltración de 0.7880 l/s debe considerarse un parámetro clave en el diseño y la operación de sistemas de alcantarillado sanitario. Caudal de conexiones ilícitas. Para el caudal de conexiones ilícitas se tomó en consideración 0.1 lt/seg., procedemos a aplicar la ecuación.

$$Q_{ili} = Coef_{Qilicito} * \text{Área}_{ac.}$$

$$Q_{ili} = 0.1 \text{ l/sg} * 7.8 \text{ ha}$$

$$Q_{ili} = 0.7880 \text{ l/sg}$$

- e) **Caudal de diseño.** El caudal de diseño, se determina un valor de 5.445 l/ sg, obtenido mediante la aplicación de la ecuación.

$$Q_{dis} = Q_{max} + Q_{ili} + Q_{inf}$$

$$Q_{dis} = 3.8696 \text{ l/sg} + 0.7880 \text{ l/sg} + 0.7880 \text{ l/sg}$$

$$Q_{dis} = 5.4455 \text{ l/sg}$$

- f) **Pendiente de tubería.** La pendiente de tubería es un parámetro crucial en el diseño y análisis de sistemas de alcantarillado sanitario. Se refiere a la inclinación o gradiente de la tubería en relación al nivel del terreno, y su función principal es asegurar el flujo adecuado de las aguas residuales a lo largo del sistema, evitando la acumulación o el estancamiento de aguas.

La fórmula general para calcular la pendiente (S) de una tubería es:

$$S = \left( \frac{INV_i - INV_f}{L} \right) * 100$$

Donde:

- **S** es la pendiente de la tubería (expresada como porcentaje).
- **H<sub>1</sub>** es la cota de inicio de la tubería (en metros).
- **H<sub>2</sub>** es la cota de finalización de la tubería (en metros).
- **L** es la longitud de la tubería (en metros).

En este caso, se tiene el siguiente cálculo:

$$S = \frac{50.600 - 48.982}{101.9} * 100$$
$$S = 1.59 \%$$

Este valor de pendiente del 1.590 % indica una inclinación adecuada para garantizar el flujo continuo de las aguas residuales dentro de los parámetros esperados.

**g) Caudal a tubo lleno en l/sg.** El caudal es otra variable fundamental que se calcula en función de la pendiente de la tubería y el diámetro de la misma. El caudal a tubo lleno se obtiene utilizando la siguiente fórmula empírica:

$$Q = 312 \frac{D^{8/3} * S^{1/2}}{n}$$

Donde:

- **Q** es el caudal a tubo lleno (en litros por segundo, l/s).
- **D** es el diámetro de la tubería (en milímetros).
- **S** es la pendiente de la tubería (en porcentaje).

- **0.010** es un factor de corrección basado en las características del material y la tubería.

Sustituyendo los valores:

$$Q = 312 * \frac{250^{\frac{8}{3}} * 15.90^{\frac{1}{2}}}{1000 * 1000}$$

$$Q = 97.5798 \text{ l/sg}$$

Esto significa que, con la pendiente de 15.90% y un diámetro de tubería de 250 mm, el caudal esperado es de 97.58 litros por segundo.

- h) Velocidad a tubo lleno a  $m/sg$ .** La velocidad de flujo dentro de una tubería también es un factor crítico, ya que influye directamente en la eficiencia del sistema y en la prevención de problemas como el bloqueo o la sedimentación. La fórmula para calcular la velocidad a tubo lleno es la siguiente:

$$V = \frac{Q * 4}{\pi * D^2}$$

Donde:

- **V** es la velocidad de flujo (en metros por segundo, m/s).
- **Q** es el caudal (en metros cúbicos por segundo, m<sup>3</sup>/s).
- **D** es el diámetro de la tubería (en metros).

Al sustituir los valores calculados previamente:

$$V = \frac{97.5798 \text{ l/sg} * 4}{1000 \text{ m}^3 * \pi * \left(\frac{250 \text{ mm}}{1000 \text{ m}}\right)^2}$$

$$V = 1.9878 \text{ m/sg}$$

La velocidad de flujo a tubo lleno es de 1.99 m/s, lo que indica que el caudal circula por la tubería con una velocidad adecuada para evitar sedimentación, pero sin ser excesivamente alta como para causar desgaste de la tubería.

Relación entre el caudal de diseño y caudal a tubo lleno debe ser menor a la tabla de relación de  $Q/Q_0$  máxima para la selección del diámetro.

$$\frac{Q}{Q_0} = \frac{5.45 \text{ l/sg}}{97.5798 \text{ l/sg}} * 100$$

$$\frac{Q}{Q_0} = 5.58\%$$

Se obtienen valores de  $d/D$ ,  $v/V_0$  y  $R/R_0$  según la tabla de Tabla de relación Hidráulica para el cálculo de  $Q/Q_0$

$$\frac{d}{D} = 0.1820\%$$

$$\frac{v}{V_0} = 0.4530$$

$$\frac{R}{R_0} = 0.4490$$

### **4.3 RESULTADOS DE O.E.3: PROPONER LA SOLUCIÓN TÉCNICA QUE PERMITE MITIGAR LAS ANOMALÍAS Y DEFICIENCIAS DEL COLECTOR PRINCIPAL DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE SANTA ELENA**

### **4.3.1 Rediseño del Colector Principal Utilizando SewerGEMS**

El rediseño del sistema de alcantarillado sanitario del colector principal fue una parte crucial del proyecto para mejorar la eficiencia operativa y la capacidad de la red para gestionar el caudal de aguas residuales. A través del uso de SewerGEMS, un software especializado en el análisis y diseño de redes de alcantarillado, se optimizó el sistema tomando en cuenta las condiciones hidráulicas actuales y proyectando mejoras para adaptarse al crecimiento poblacional y a las condiciones futuras del entorno.

En primer lugar, se realizó una evaluación exhaustiva de las condiciones hidráulicas actuales del colector principal utilizando SewerGEMS. Este programa permitió realizar un modelado hidráulico detallado que abarcó los aspectos más críticos del sistema, tales como:

- El caudal máximo y los niveles de agua en distintas secciones del colector.
- Las velocidades de flujo y la presión dentro del sistema, que permitieron identificar puntos con problemas de obstrucción o desbordamientos.
- La capacidad hidráulica de las tuberías y la distribución de caudal, lo que permitió identificar zonas con capacidad insuficiente o con pendientes inadecuadas para el flujo.

Gracias a los modelos generados por SewerGEMS, se pudieron detectar puntos críticos en el colector principal, especialmente en tramos donde la pendiente era demasiado baja y el caudal no fluía adecuadamente, lo que genera la acumulación de sedimentos y la posible obstrucción de las tuberías.

Una de las grandes ventajas de utilizar SewerGEMS fue su capacidad para realizar simulaciones hidráulicas avanzadas que permitieron verificar el comportamiento del sistema bajo diferentes escenarios. Se realizaron

simulaciones de flujo en condiciones tanto normales como extremas (por ejemplo, lluvias intensas o aumento en la población). Los resultados de estas simulaciones mostraron que:

- La capacidad del sistema mejoró significativamente en las zonas donde se realizó el ajuste de diámetros y las modificaciones de pendientes, lo que permitió que el caudal se manejara de manera eficiente.
- Las simulaciones también confirmaron que el sistema rediseñado será capaz de soportar los caudales proyectados en los próximos años, teniendo en cuenta el crecimiento poblacional y las fluctuaciones estacionales en la cantidad de aguas residuales.

Además, SewerGEMS permitió realizar una evaluación precisa del comportamiento del sistema ante diferentes cargas de agua y condiciones de presión, lo que garantizó que el rediseño fuera óptimo no solo para el presente, sino también para el futuro.

#### **4.3.2. Plan de Ejecución del Sistema de Alcantarillado Sanitario.**

La solución planteada para que mejore el sistema consiste en instalar una tubería adicional paralela a la red existente. Esta opción se contempla la incorporación de una nueva tubería de mayor diámetro, que está ubicada junto a la infraestructura actual, lo que incrementará la capacidad hidráulica sin necesidad de modificar toda la red existente.

Una vez colocada la nueva tubería, se lleva a cabo una conexión entre las dos redes (la nueva y la existente), lo que permitirá que ambas trabajen simultáneamente y distribuyan de manera más eficiente el caudal de aguas residuales. Esta unión incluirá la conexión adecuada de las entradas y salidas de las tuberías, garantizando que el flujo de aguas residuales se mantenga continuo y sin alteraciones. La conexión se realiza utilizando accesorios adecuados, que asegurarán la hermeticidad del sistema y evitarán posibles filtraciones o fugas.

Este enfoque que permite mejorar la capacidad de la red sin la necesidad de reemplazar toda la infraestructura existente, lo que lo convierte en una alternativa efectiva, económica y fácil de implementar.

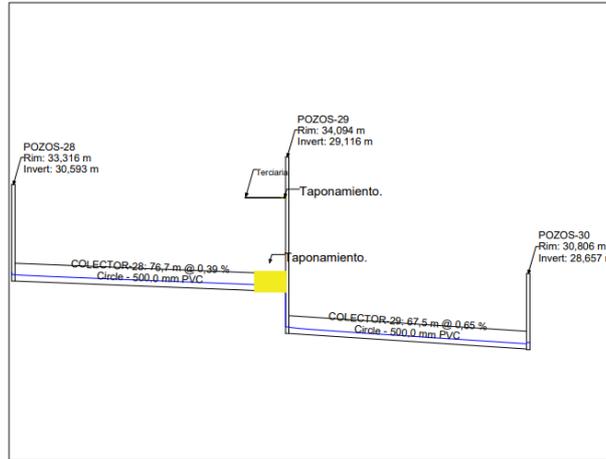
De esta forma, al mantener la red existente en funcionamiento y agregar una nueva tubería paralela, se optimiza la capacidad del sistema sin la necesidad de reemplazar completamente las infraestructuras previas, lo cual representa una solución técnica eficiente tanto en términos de costes como de tiempo de ejecución. Además, este diseño permite una fácil futura ampliación del sistema en caso de que la demanda de evacuación de aguas residuales aumente a lo largo del tiempo.

- 1. Financiamiento y Entidades Responsables:** La ejecución del proyecto será financiada por dos entidades clave: el Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) del Cantón Santa Elena y la empresa pública Aguapen EP, quienes asumirán la inversión y supervisión técnica del proyecto.
- 2. Proceso Constructivo:** El proceso constructivo se desarrollará en áreas superiores a 2 metros de altura, lo que implica la implementación de un sistema de seguridad industrial conforme a las normativas vigentes. Esto garantizará la protección de los trabajadores y la integridad del proyecto durante las labores.
- 3. Equipos y Maquinaria Especializada:** Se utilizarán equipos especializados en la ejecución de sistemas de alcantarillado, tales como el Hidrocleaner, herramienta para rehabilitación de tuberías, y cuadradilla, entre otros, que permiten una instalación eficiente y precisa del sistema alcantarillado sanitario.
- 4. Uso del Equipo Hidrocleaner:** El sistema de alcantarillado se dividirá en tramos, priorizando aquellas áreas más deterioradas o de mayor riesgo.

Cada tramo será trabajado de forma independiente para garantizar una ejecución controlada y segura. Se garantizará que el equipo Hidrocleaner esté completamente funcional y calibrado antes de su uso. Además, se revisarán los insumos necesarios para el revestimiento de las tuberías, como los materiales de curado, resinas o revestimientos especializados.

- 5. Bloqueo y Desviación de caudales:** Se procederá con el bloqueo de las tuberías conectadas a las cámaras, tuberías terciarias del sistema de alcantarillado para realizar las intervenciones sin comprometer el flujo de aguas residuales, garantizando así la ejecución de trabajos en seco.
  
- 6. Conocimiento de Infraestructuras Existentes:** Es fundamental contar con un diagnóstico previo de las infraestructuras preexistentes en la zona, como los sistemas de agua potable (AAPP), aguas lluvias (AALL), así como cables de telecomunicaciones (internet, telefonía) para evitar interferencias o daños durante la ejecución de la obra.
  
- 7. Análisis de Zonas de Alta Circulación:** Se debe realizar un análisis detallado de las zonas regeneradas con alto nivel de tráfico vehicular y peatonal, con el fin de minimizar los impactos en la movilidad y planificar intervenciones que optimicen los tiempos de trabajo y la seguridad vial.
  
- 8. Coordinación con Autoridades de Tránsito:** Es imprescindible coordinar con los agentes de tránsito locales para la regulación del tráfico vehicular durante las obras, garantizando la fluidez del tránsito y la seguridad tanto de los operarios como de los usuarios de las vías afectadas por las intervenciones.

**Figura 6**  
*Perfil de Taponamiento de las Tuberías.*



*Nota.* Bloqueo de tuberías terciaras.

#### **4.3.3. Elaboración Del Presupuesto Referencial.**

El presupuesto referencial estimado para la ejecución integral del proyecto de rediseño del sistema de alcantarillado sanitario asciende a un total de \$ 206.742,66 monto que ha sido calculado teniendo en cuenta los costos de materiales, mano de obra, maquinaria, y otros insumos necesarios para la implementación del proyecto. Este presupuesto se encuentra desglosado en distintas partidas que cubren los aspectos clave del proyecto, tales como la reposición de la infraestructura existente, la instalación de nuevas tuberías de mayor diámetro, y la adecuación de pozos de inspección.

## **CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1 CONCLUSIONES.**

- Se ha constatado, tras un análisis del sistema de alcantarillado sanitario existente de Santa Eleana, que mediante el levantamiento topográfico el sistema actual cuenta con un área de aportación de 177 hectáreas, donde se obtuvieron 13 puntos de la posición del colector principal y las pendientes de las calles (tabla 5), se muestra las pendientes del sector de estudio. Las pendientes de las tuberías son relativamente bajas. Se observa que las calles tienen pendientes cercanas a 2.34%. Las pendientes existentes de las tuberías instaladas tienen un promedio 0.28% esto no favorece el flujo eficiente de las aguas residuales, por eso se genera acumulación de sólidos, líquidos y obstrucciones de las tuberías con un diámetro de 250mm y con altura promedio de cámaras de 4.10m (ver anexo 13).
  
- El proceso de rediseño del sistema de alcantarillado sanitario de la ciudad de Santa Elena incluye un análisis del colector K desde pozo P-28 al pozo P-36 los cuales tienen una longitud de 779.70m en total. Antes de analizar, se constató que el caudal existente sobrepasa el caudal a tubo lleno, lo que ocasionaba que la relación entre caudal de diseño y caudal a tubo lleno  $Q/Q_0$  exceda el 100% de la capacidad de la tubería, esto resultaba en riegos de desbordamientos. Se concluye que con el rediseño y sustitución de las tuberías de 250 mm de diámetro de asbesto cemento por tuberías de 500 mm de PVC, se mejora significativamente la capacidad de conducción de las aguas servidas en el colector K desde el pozo P-28 al P-36 del sistema de alcantarillado sanitario de Santa Elena, ya con el sistema nuevo, la relación  $Q/Q_0$  reduce al 24,16 %. Es decir la relación entre lamina de agua y diámetro de tubería tiene un borde libre mayor al 25%, esto garantiza una proyección de caudales futuros a 25 años, con un funcionamiento eficaz.

- La alternativa propuesta para la optimización del sistema de alcantarillado consiste en la instalación de una tubería paralela al sistema existente, una vez instalada la nueva tubería, se realiza un empate técnico entre los colectores (la nueva y la existente), lo que permite que ambas tuberías trabajen en paralelo para distribuir de manera eficiente el caudal de aguas residuales. Este proceso de conexión entre las tuberías incluirá la integración de las salidas y entradas de cada tramo de tubería, asegurando una transición fluida y sin interrupciones en el flujo de las aguas residuales. La propuesta para realizar el mejoramiento del sistema de alcantarillado de Santa Elena consta de un cambio de tuberías 250 mm a 500 mm con una longitud de 779.70m, donde se consideró rubros de relleno compactado, desalojo, rotura y reposición, instalación de tuberías, prueba de continuidad, levantamiento topográfico, conos reflexivos, equipo de protección personal y señalización estimando un monto final de \$ 206.742,66.

## 5.2 RECOMENDACIONES.

- Se recomienda dar prioridad a la ejecución de los proyectos de infraestructura de alcantarillado propuestos, dado que son fundamentales para salvaguardar la salud pública, de esta manera, se busca optimizar la calidad de vida de los habitantes de la cabecera cantonal. La correcta implementación de estos proyectos contribuirá a la prevención de enfermedades relacionadas con la falta de saneamiento, optimizando las condiciones higiénico-sanitarias en la zona, lo cual es crucial para el desarrollo urbano sostenible y la resiliencia frente a futuros aumentos poblacionales.
- Se recomienda primero realizar los estudios geotécnicos de suelo exhaustivos, para evaluar las condiciones del terreno en las áreas designadas para que la instalación de la nueva red de alcantarillado sanitario. Estos estudios nos permitirán, determinar la viabilidad de las excavaciones, así como identificar posibles restricciones geológicas o hidrogeológicas y proporcionar datos clave sobre la estabilidad del suelo, la capacidad portante y los niveles freáticos, lo que garantizará la seguridad estructural y la durabilidad del sistema de alcantarillado a largo plazo.
- Se recomienda el uso de nivel para mejorar la precisión del levantamiento e instalar con mayor precisión las tuberías a reemplazar.
- Se recomienda implementar un plan de mantenimiento preventivo y correctivo, con una frecuencia adecuada, con la finalidad de asegurar que el sistema de alcantarillado sanitario, que se opere de manera eficiente a lo largo de su vida útil. Con este mantenimiento, nos permite incluir inspecciones periódicas a los pozos de inspección, el monitoreo de la condición de las tuberías, la limpieza de los conductos, y la reparación de cualquier fuga u obstrucción. Con el control de la infraestructura nos permite seguir las normativas de gestión de activos para prolongar la funcionalidad del sistema y minimizar el riesgo de fallas o desbordes que puedan generar impactos negativos en la salud pública y el medio ambiente.

- El plan de ejecución del sistema de alcantarillado sanitario en el cantón Santa Elena, nos basamos en la cooperación entre el GAD de Santa Elena y Aguapen EP, que establecemos un enfoque integral para garantizar el éxito del proyecto. A través de la planificación exhaustiva que consideramos los aspectos técnicos, logísticos y de seguridad, que se busca no solo mejorar la infraestructura de saneamiento, sino también optimizar el uso de recursos y minimizar el impacto ambiental y social.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

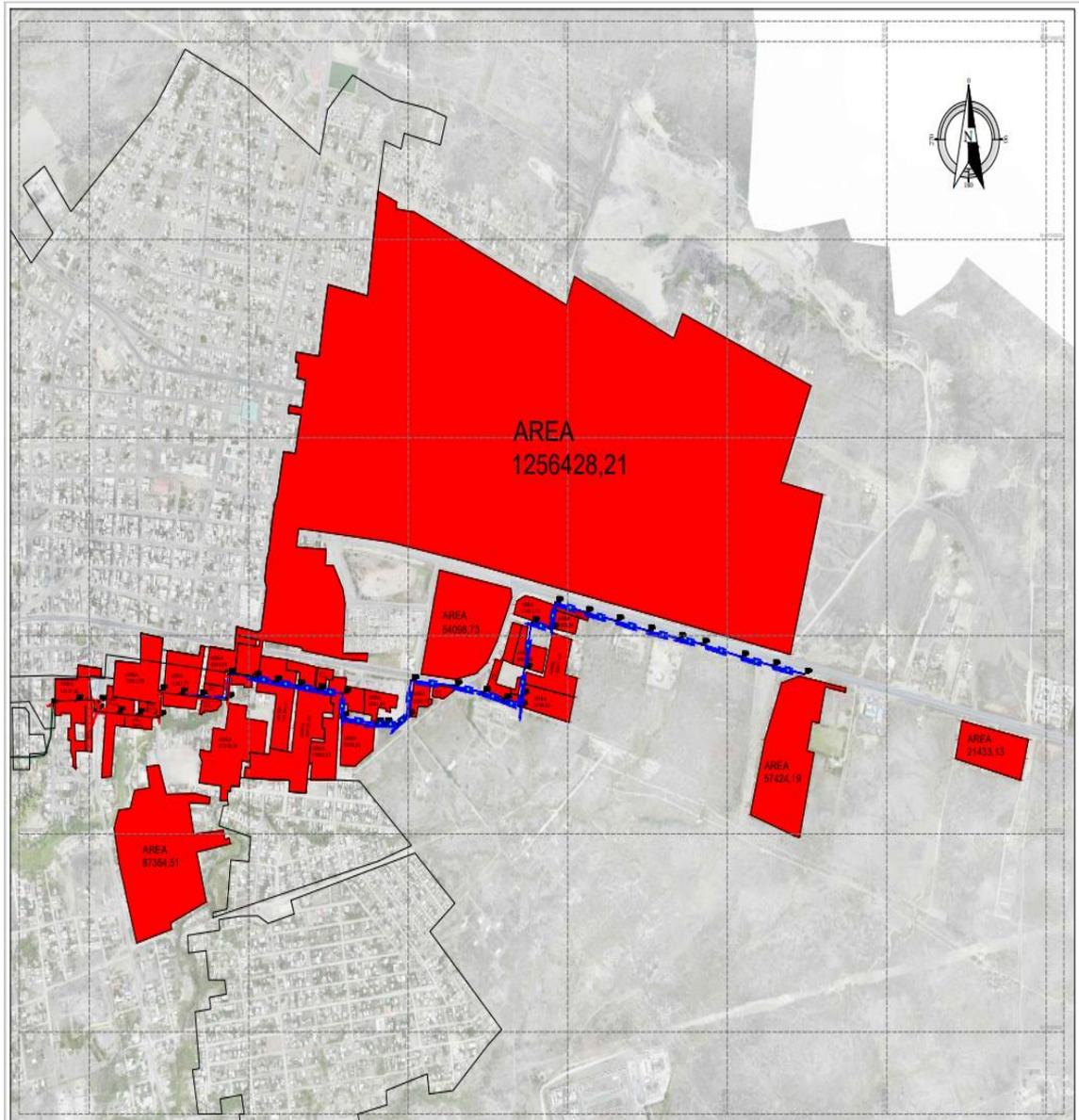
- Alvarado Zenteno David Emmanuel, C. C. C. A. (2015). *Sistematización de la información de las plantas de depuración de aguas residuales del sector rural del cantón Cuenca-Azuay*. Universidad de Cuenca.
- Amador Díaz A., V. L. E. , & B. M. J. R. C. C. Q. (2015). *Tratamiento de lodos, generalidades y aplicaciones*. 16–25.
- Bejarano Novoa María Elizabeth, E. C. M. (2015). *Eficiencia del uso de microorganismos para el tratamiento de aguas residuales domésticas en una planta de tratamiento de agua residual*. Universidad de La Salle. Facultad de Ingeniería. Ingeniería Ambiental y Sanitaria.
- Bernal, C. (2016). Metodología de la investigación. In *Pearson* (Vol. 4).
- Cedeño Muñoz, D. M. (2019). Impacto ambiental de las lagunas de tratamiento de aguas residuales. Sector Colinas San Jose, Ciudad de Rocafuerte. *Polo Del Conocimiento*, 5.
- Del Canto, E., & Silva, A. (2013). Metodología cuantitativa. *Rev. Ciencias Sociales*, 141, 25–34. <https://www.redalyc.org/pdf/153/15329875002.pdf>
- Ernesto, L., Rivas, A., & Pimiento, N. N. (2019a). Plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR): Impacto ambiental esperado e Impacto ambiental provocado. *Revista Caribeña De Ciencias Sociales*.
- Ernesto, L., Rivas, A., & Pimiento, N. N. (2019b). Plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR): Impacto ambiental esperado e Impacto ambiental provocado. *Revista Caribeña De Ciencias Sociales*.
- Fajardo F. G., G. C. M. , & P. D. R. (2015). *SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE UCUBAMBA*.
- García O. N. J. C. (2006). *Lodos residuales: estabilización y manejo*. 51–58.
- Gómez, E. G. J. R. d. i. (1993). *Tratamientos anaerobios de las aguas residuales domésticas*. 4, 1–12.

- Hernández Avilés, D. M. , & C. T. R. J. C. e. I. N. (2020). *Tratamiento de agua lluvia con fines de consumo humano*. 2, 97–107.
- Lapeña, M. R. (1989). *Tratamiento de aguas industriales: aguas de proceso y residuales*. 27.
- Lorenzo E. V., O. J. G. L. , F. L. A. & V. M. B. J. R. C. C. B. (2009). *Reúso de aguas residuales domésticas para riego agrícola*. 4, 35–44.
- Macías J. G. L., & G. J. J. J. (2013). *Los lodos de las plantas de tratamiento de aguas residuales*. [Http://Www. Ai. Org. Mx/Ai/Images/Sitio/201309/Ingresos/Jglm/Doc\\_ingreso\\_gualberto\\_limo N\\_trabajo\\_de\\_ingreso. Pdf.](http://www.ai.org.mx/Ai/Images/Sitio/201309/Ingresos/Jglm/Doc_ingreso_gualberto_limo_N_trabajo_de_ingreso.Pdf)
- Marcos von Sperling. (2007). *Características, tratamiento y eliminación de aguas residuales: Vol. VOLUME ONE*. IWA Publishing.
- Muñoz Cruz A. (2008). *Caracterización y tratamiento de aguas residuales*.
- Núñez Bautista S. S., & V. R. T. J. (2020). *Tratamiento de agua residual de la industria textil utilizando nanopartículas magnéticas biomasa residual como tratamiento terciario*. .
- Quiroz Fernández, L. S., Izquierdo Kulich, E., & Menéndez Gutiérrez, C. (2018). Estudio del impacto ambiental del vertimiento de aguas residuales sobre la capacidad de autodepuración del río Portoviejo, Ecuador. *Centro Azúcar*, 45(01).
- Quiroz, L. S., Izquierdo, E., & Menéndez, C. (2018). Estudio del impacto ambiental del vertimiento de aguas residuales sobre la capacidad de autodepuración del río Portoviejo, Ecuador. *Centro Azúcar*, 45(01).
- Ricardo, L. J. B. S. A. (2010). *Tratamientos avanzados para aguas residuales industriales—una revisión*. 4.
- Rivas Lucero B. A., N. M. G. V. , B. M. R. G. , P. H. A. , & S. T. R. J. A. (2003). *Tratamiento de aguas residuales de uso agrícola en un biorreactor de lecho fijo*. 2, 157–166.

- Rojas R. (2002). Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales. *Curso Internacional “Gestión Integral de Tratamiento de Aguas Residuales” 25 al 27 de Setiembre de 2002.*
- Rolim Mendonca Sérgio. (2000). *Sistemas de lagunas de estabilización : cómo utilizar aguas residuales tratadas en sistemas de regadío.*
- Sánchez, L. (2015). Control borroso para la valoración del impacto ambiental generado por contaminantes emergentes en aguas residuales hospitalarias. *Gestión y Ambiente, 18(1).*
- Shuttleworth, M. (2021). Diseño de Investigación Descriptiva. *Explorable.*
- Tamayo. (2010). Investigación e Innovación Metodológica: Población y Muestra. *Revista Digital Universitaria, 11(11).*
- Tchobanoglous G., B. F. y S. H. (2003). *Wastewater engineering: treatment and reuse* (4ª edición). McGraw-Hill.
- TUTILLO ZAMBRANO HÉCTOR ALEXANDER. (2012). *Investigación Básica para el Dimensionamiento de un Sistema de Tratamiento Aerobio de las Aguas Residuales Domésticas Del Recinto “ El Prado ” Parroquia Limonal Cantón Daule - Guayas.* UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL.
- VILLACRÉS, S. (2016). Desarrollo de un plan de mantenimiento aplicando la metodología de mantenimiento basado en la confiabilidad (Rcm) para el vehículo hidrocleaner Vactor M654 de la empresa etapa Ep. *Escuela Superior Politécnica De Chimborazo.*

## 7. ANEXO

### *Anexo 1* *Área de Aportaciones*



## Anexo 2

### Caudal máximo existente.

TRAMO	Qmed Acumulado	COEFICIENTE DE MAYORACIÓN (M)	Qmáx Acumulado	Q Hicito	Q inf	Q TOT. DISEÑO (q)		D	S (ofoe)	DATOS HIDRÁULICOS DE TUBERÍA									
						Q TOT. DISEÑO (q)				LLENA		PARCIAL					t	v	
						CALCULADO	ADOPTADO			Qo	Yo	q/Qo	d/D	v/Yo	R/Ro	R			
	$Q_{med} = \frac{CR + D \cdot P}{86400}$	$M = \frac{18 + \sqrt{P/1000}}{4 + \sqrt{P/1000}}$	$Q_{max} = Q_{med} \cdot M$	$Q_{hito} = Coef. Q_{hito} \cdot \text{Área ac.}$	$Q_{inf} = Coef_{inf} \cdot A_{Acum}$	$q = Q_{max} + Q_{hito} + Q_{inf}$			$S = \left( \frac{INV_i - INV_f}{L} \right) \cdot 1000$	$Q = 312 \frac{D^{8/3} \cdot s^{1/2}}{n}$	$V_o = \frac{Q_o}{A}$								$V = \frac{Q_o \cdot v}{A \cdot V_o}$
POZOS-19	3,8711 l/s	3,4	13,2259 l/s	2,3380 l/s	2,3380 l/s	17,9019 l/s	17,9019 l/s	250 mm	6,00	59,9428 l/s	1,2211 m/s	30,00%	0,4240	0,7290	0,8960	0,0560	3,30	0,8902 m/s	
POZOS-20	3,8711 l/s	3,4	13,2259 l/s	2,3380 l/s	2,3380 l/s	17,9019 l/s	17,9019 l/s	250 mm	14,20	92,2158 l/s	1,8786 m/s	19,00%	0,3340	0,6450	0,7480	0,0468	6,51	1,2117 m/s	
POZOS-21	4,1600 l/s	3,4	14,1002 l/s	2,3890 l/s	2,3890 l/s	18,8782 l/s	18,8782 l/s	250 mm	13,80	90,9077 l/s	1,8520 m/s	21,00%	0,3530	0,6640	0,7800	0,0488	6,60	1,2297 m/s	
POZOS-22	4,1600 l/s	3,4	14,1002 l/s	2,3890 l/s	2,3890 l/s	18,8782 l/s	18,8782 l/s	250 mm	14,00	91,5641 l/s	1,8653 m/s	21,00%	0,3530	0,6640	0,7800	0,0488	6,70	1,2386 m/s	
POZOS-23	4,3333 l/s	3,4	14,6204 l/s	2,4870 l/s	2,4870 l/s	19,5944 l/s	19,5944 l/s	250 mm	14,10	91,8905 l/s	1,8720 m/s	21,00%	0,3530	0,6640	0,7800	0,0488	6,74	1,2430 m/s	
POZOS-24	4,7763 l/s	3,3	15,9359 l/s	2,6660 l/s	2,6660 l/s	21,2679 l/s	21,2679 l/s	250 mm	10,10	77,7718 l/s	1,5844 m/s	27,00%	0,4000	0,7060	0,8600	0,0538	5,33	1,1186 m/s	
POZOS-25	4,8148 l/s	3,3	16,0494 l/s	2,6870 l/s	2,6870 l/s	21,4234 l/s	21,4234 l/s	250 mm	9,70	76,2162 l/s	1,5527 m/s	28,00%	0,4090	0,7130	0,8740	0,0546	5,20	1,1070 m/s	
POZOS-26	5,2722 l/s	3,3	17,3866 l/s	3,0140 l/s	3,0140 l/s	23,4146 l/s	23,4146 l/s	250 mm	9,80	76,6080 l/s	1,5606 m/s	31,00%	0,4310	0,7320	0,9070	0,0567	5,45	1,1424 m/s	
POZOS-27	5,4889 l/s	3,3	18,0136 l/s	3,1860 l/s	3,1860 l/s	24,3856 l/s	24,3856 l/s	250 mm	4,00	48,9431 l/s	0,9971 m/s	50,00%	0,5630	0,8500	1,0790	0,0674	2,65	0,8475 m/s	
POZOS-28	14,9019 l/s	2,9	42,6501 l/s	15,7500 l/s	15,7500 l/s	74,1501 l/s	74,1501 l/s	300 mm	2,40	37,9111 l/s	0,7723 m/s	196,00%	0,9310	1,0420	1,1500	0,0719	1,69	0,8048 m/s	
POZOS-29	15,0126 l/s	2,9	42,9186 l/s	15,8340 l/s	15,8340 l/s	74,5866 l/s	74,5866 l/s	250 mm	6,80	63,8140 l/s	1,3000 m/s	117,00%	0,9310	1,0420	1,1500	0,0719	4,79	1,3546 m/s	
POZOS-30	15,3159 l/s	2,9	43,6522 l/s	16,1220 l/s	16,1220 l/s	75,8962 l/s	75,8962 l/s	250 mm	2,40	37,9111 l/s	0,7723 m/s	200,00%	0,9310	1,0420	1,1500	0,0719	1,69	0,8048 m/s	
POZOS-31	15,3641 l/s	2,8	43,7684 l/s	16,1380 l/s	16,1380 l/s	76,0444 l/s	76,0444 l/s	250 mm	2,40	39,4592 l/s	0,8039 m/s	193,00%	0,9310	1,0420	1,1500	0,0719	1,83	0,8376 m/s	
POZOS-32	15,5663 l/s	2,8	44,2557 l/s	16,2900 l/s	16,2900 l/s	76,8357 l/s	76,8357 l/s	300 mm	4,90	68,0865 l/s	1,2462 m/s	87,00%	0,8040	1,0070	1,2190	0,0914	4,39	1,2549 m/s	
POZOS-33	15,7637 l/s	2,8	44,7393 l/s	16,4700 l/s	16,4700 l/s	77,6703 l/s	77,6703 l/s	300 mm	1,90	54,8514 l/s	0,7760 m/s	142,00%	0,9310	1,0420	1,1500	0,0863	1,61	0,8086 m/s	
POZOS-34	16,7507 l/s	2,8	47,0868 l/s	17,3500 l/s	17,3500 l/s	81,7868 l/s	81,7868 l/s	300 mm	2,10	57,6661 l/s	0,8158 m/s	142,00%	0,9310	1,0420	1,1500	0,0863	1,78	0,8501 m/s	
POZOS-35	16,7844 l/s	2,8	47,1668 l/s	17,3840 l/s	17,3840 l/s	81,9388 l/s	81,9388 l/s	300 mm	2,10	57,6661 l/s	0,8158 m/s	142,00%	0,9310	1,0420	1,1500	0,0863	1,78	0,8501 m/s	
POZOS-36	16,9674 l/s	2,8	47,6006 l/s	17,4860 l/s	17,4860 l/s	82,5726 l/s	82,5726 l/s	300 mm	1,80	53,3885 l/s	0,7553 m/s	155,00%	0,9310	1,0420	1,1500	0,0863	1,52	0,7870 m/s	
POZOS-37	17,0204 l/s	2,8	47,7260 l/s	17,5110 l/s	17,5110 l/s	82,7480 l/s	82,7480 l/s	300 mm	2,20	59,0232 l/s	0,8350 m/s	140,00%	0,9310	1,0420	1,1500	0,0863	1,86	0,8701 m/s	
POZOS-38	17,0204 l/s	2,8	47,7260 l/s	17,5110 l/s	17,5110 l/s	82,7480 l/s	82,7480 l/s	300 mm	1,90	54,8514 l/s	0,7760 m/s	151,00%	0,9310	1,0420	1,1500	0,0863	1,61	0,8086 m/s	
POZOS-39	17,2370 l/s	2,8	48,2382 l/s	17,6570 l/s	17,6570 l/s	83,5522 l/s	83,5522 l/s	300 mm	1,90	54,8514 l/s	0,7760 m/s	152,00%	0,9310	1,0420	1,1500	0,0863	1,61	0,8086 m/s	

## Anexo 3

### Caudal máximo proyectado.

TRAMO	Qmed Acumulado	COEFICIENTE DE MAYORACIÓN (M)	Qmáx Acumulado	Q Hicito	Q inf	Q TOT. DISEÑO (q)		D	S (ofoe)	DATOS HIDRÁULICOS DE TUBERÍA									
						Q TOT. DISEÑO (q)				LLENA		PARCIAL					t	v	
						CALCULADO	ADOPTADO			Qo	Yo	q/Qo	d/D	v/Yo	R/Ro	R			
	$Q_{med} = \frac{CR + D \cdot P}{86400}$	$M = \frac{18 + \sqrt{P/1000}}{4 + \sqrt{P/1000}}$	$Q_{max} = Q_{med} \cdot M$	$Q_{hito} = Coef. Q_{hito} \cdot \text{Área ac.}$	$Q_{inf} = Coef_{inf} \cdot A_{Acum}$	$q = Q_{max} + Q_{hito} + Q_{inf}$			$S = \left( \frac{INV_i - INV_f}{L} \right) \cdot 1000$	$Q = 312 \frac{D^{8/3} \cdot s^{1/2}}{n}$	$V_o = \frac{Q_o}{A}$								$V = \frac{Q_o \cdot v}{A \cdot V_o}$
POZOS-22b	4,1600 l/s	3,4	14,1002 l/s	2,3890 l/s	2,3890 l/s	18,8782 l/s	18,8782 l/s	250 mm	14,10	91,8905 l/s	1,8720 m/s	21,32%	0,3530	0,6640	0,7800	0,0488	6,74	1,2430 m/s	
POZOS-23b	4,3333 l/s	3,4	14,6204 l/s	2,4870 l/s	2,4870 l/s	19,5944 l/s	19,5944 l/s	250 mm	14,10	91,8905 l/s	1,8720 m/s	21,32%	0,3530	0,6640	0,7800	0,0488	6,74	1,2430 m/s	
POZOS-24b	4,7763 l/s	3,3	15,9359 l/s	2,6660 l/s	2,6660 l/s	21,2679 l/s	21,2679 l/s	250 mm	10,10	77,7718 l/s	1,5844 m/s	27,35%	0,4000	0,7060	0,8600	0,0538	5,33	1,1186 m/s	
POZOS-25b	4,8148 l/s	3,3	16,0494 l/s	2,6870 l/s	2,6870 l/s	21,4234 l/s	21,4234 l/s	250 mm	9,70	76,2162 l/s	1,5527 m/s	28,11%	0,4090	0,7130	0,8740	0,0546	5,20	1,1070 m/s	
POZOS-26b	5,2722 l/s	3,3	17,3866 l/s	3,0140 l/s	3,0140 l/s	23,4146 l/s	23,4146 l/s	250 mm	9,80	75,4263 l/s	1,5366 m/s	31,04%	0,4310	0,7320	0,9070	0,0567	5,28	1,1248 m/s	
POZOS-27b	5,4889 l/s	3,3	18,0136 l/s	3,1860 l/s	3,1860 l/s	24,3856 l/s	24,3856 l/s	250 mm	2,80	40,9487 l/s	0,8342 m/s	59,55%	0,6200	0,8950	1,1320	0,0708	1,94	0,7466 m/s	
POZOS-28b	14,9019 l/s	2,9	42,6501 l/s	15,7500 l/s	15,7500 l/s	74,1501 l/s	74,1501 l/s	300 mm	3,90	306,2600 l/s	1,8626 m/s	24,16%	0,3790	0,6870	0,8240	0,1030	3,94	1,0737 m/s	
POZOS-29b	15,0126 l/s	2,9	42,9186 l/s	15,8340 l/s	15,8340 l/s	74,5866 l/s	74,5866 l/s	500 mm	6,50	396,1545 l/s	2,0174 m/s	18,83%	0,3230	0,6340	0,7290	0,0911	5,81	1,2792 m/s	
POZOS-30b	15,3159 l/s	2,9	43,6522 l/s	16,1220 l/s	16,1220 l/s	75,8962 l/s	75,8962 l/s	500 mm	2,00	219,7470 l/s	1,1192 m/s	34,54%	0,4520	0,7350	0,9380	0,1173	2,30	0,8450 m/s	
POZOS-31b	15,3641 l/s	2,8	43,7684 l/s	16,1380 l/s	16,1380 l/s	76,0444 l/s	76,0444 l/s	500 mm	3,00	269,1340 l/s	1,3707 m/s	28,26%	0,4090	0,7130	0,8740	0,1093	3,22	0,9773 m/s	
POZOS-32b	15,5663 l/s	2,8	44,2557 l/s	16,2900 l/s	16,2900 l/s	76,8357 l/s	76,8357 l/s	500 mm	3,70	298,8882 l/s	1,5222 m/s	25,71%	0,3860	0,6930	0,8360	0,1045	3,79	1,0579 m/s	
POZOS-33b	15,7637 l/s	2,8	44,7393 l/s	16,4700 l/s	16,4700 l/s	77,6703 l/s	77,6703 l/s	500 mm	2,20	230,4726 l/s	1,1738 m/s	33,70%	0,4470	0,7500	0,9310	0,1164	2,51	0,8803 m/s	
POZOS-34b	16,7507 l/s	2,8	47,0868 l/s	17,3500 l/s	17,3500 l/s	81,7868 l/s	81,7868 l/s	500 mm	0,90	147,4108 l/s	0,7508 m/s	55,48%	0,5940	0,8750	1,1130	0,1391	1,23	0,6569 m/s	
POZOS-35b	16,7844 l/s	2,8	47,1668 l/s	17,3500 l/s	17,3500 l/s	81,8668 l/s	81,8668 l/s	500 mm	3,30	282,2701 l/s	1,4376 m/s	29,00%	0,4170	0,7200	0,8860	0,1108	3,59	1,0351 m/s	
POZOS-36b	16,9674 l/s	2,8	47,6006 l/s	17,4500 l/s	17,4500 l/s	82,5006 l/s	82,5006 l/s	500 mm	2,70	255,3229 l/s	1,3003 m/s	32,31%	0,4390	0,7400	0,9190	0,1149	3,04	0,9623 m/s	
POZOS-37b	17,0204 l/s	2,8	47,7260 l/s	17,4750 l/s	17,4750 l/s	82,6760 l/s	82,6760 l/s	500 mm	3,90	306,8600 l/s	1,5628 m/s	26,94%	0,3930	0,7000	0,8480	0,1060	4,06	1,0940 m/s	
POZOS-38b	17,0204 l/s	2,8	47,7260 l/s	17,4750 l/s	17,4750 l/s	82,6760 l/s	82,6760 l/s	500 mm	2,00	219,7470 l/s	1,1192 m/s	37,62%	0,4760	0,7760	0,9740	0,1218	2,39	0,8685 m/s	
POZOS-39b	17,2370 l/s	2,8	48,2382 l/s	17,6210 l/s	17,6210 l/s	83,4802 l/s	83,4802 l/s	500 mm	2,60	250,5501 l/s	1,2760 m/s	33,32%	0,4470	0,7500	0,9310	0,1164	2,97	0,9570 m/s	

## Anexo 4

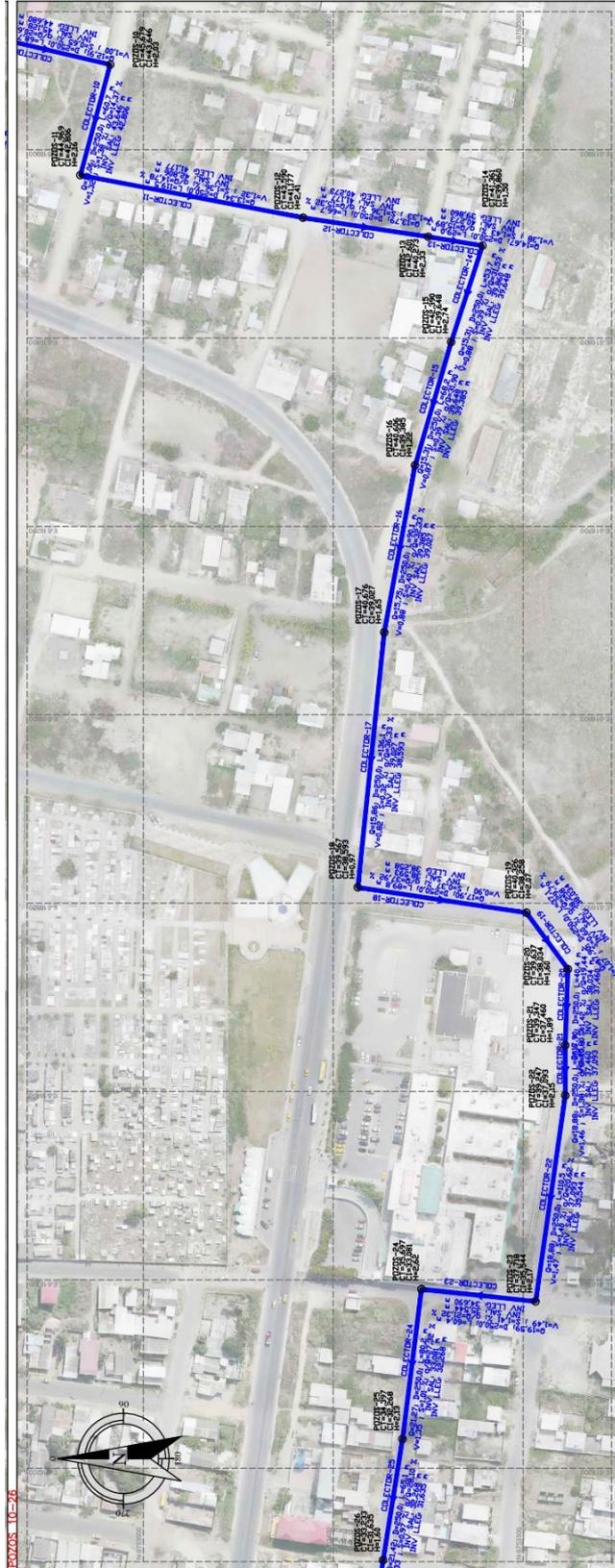
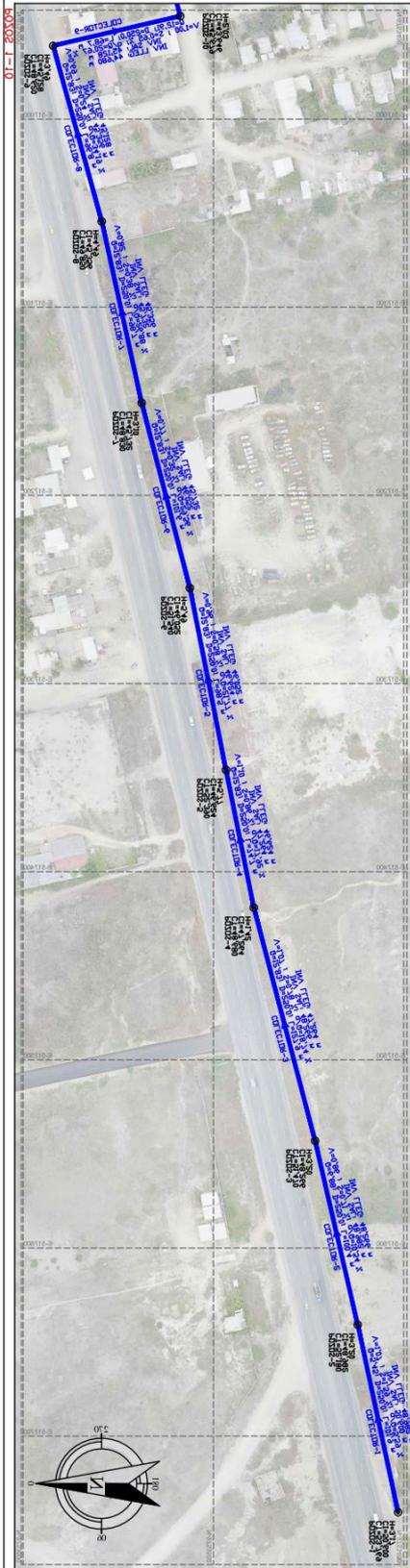
### Resultados de la simulación

ID	ETIQUETA	ELEVACION BORDE A LA ALTURA DEL SUELO?	ESTABLECER EL BORDE A LA ALTURA DEL SUELO?	ELEVACION (BORDE)(m)	CUBIERTA ATORNILLADA?	ELEVACION (INVERT)(m)	RECOLECCION EN LA ENTRADA (HUMEDA)	FLUJO ENTRADA TOTAL(L/S)	FLUJO TOTAL(L/S)	PROFUNDIDAD (AD)(FUERA)	LINEA DE NIVELACION HIDRAULICA (SAUDA)	METODO DE PERDIDA DE CARGA	LINEA DE NIVELACION HIDRAULICA (SAUDA)(m)	ESTA ALGUNA VEZ DESBORDADO?	ESTA DESBORDADO?	CARGAS SANITARIAS	NOTAS
431	POZOS-1	53,769	True	53,769	False	50,6	<Collection: 0 Items>	0	5,45	0,06	50,658	Absolute	50,658	False	False	<Collection: 0 Items>	<Collection: 0 Items>
432	POZOS-10	45,679	True	45,679	False	43,646	<Collection: 0 Items>	0	13,06	0,09	43,737	Absolute	43,737	False	False	<Collection: 0 Items>	<Collection: 0 Items>
433	POZOS-11	44,969	True	44,969	False	42,808	<Collection: 0 Items>	0	13,34	0,09	42,888	Absolute	42,888	False	False	<Collection: 0 Items>	<Collection: 0 Items>
434	POZOS-12	43,59	True	43,59	False	41,177	<Collection: 0 Items>	0	13,79	0,09	41,27	Absolute	41,27	False	False	<Collection: 0 Items>	<Collection: 0 Items>
435	POZOS-13	42,601	True	42,601	False	40,273	<Collection: 0 Items>	0	14,67	0,1	40,369	Absolute	40,369	False	False	<Collection: 0 Items>	<Collection: 0 Items>
436	POZOS-14	41,361	True	41,361	False	39,86	<Collection: 0 Items>	0	15,31	0,1	39,959	Absolute	39,959	False	False	<Collection: 0 Items>	<Collection: 0 Items>
437	POZOS-15	42,39	True	42,39	False	39,646	<Collection: 0 Items>	0	15,31	0,1	39,747	Absolute	39,747	False	False	<Collection: 0 Items>	<Collection: 0 Items>
438	POZOS-16	40,606	True	40,606	False	39,395	<Collection: 0 Items>	0	15,75	0,1	39,485	Absolute	39,485	False	False	<Collection: 0 Items>	<Collection: 0 Items>
439	POZOS-17	40,676	True	40,676	False	39,027	<Collection: 0 Items>	0	15,86	0,1	39,121	Absolute	39,121	False	False	<Collection: 0 Items>	<Collection: 0 Items>
440	POZOS-18	39,567	True	39,567	False	38,593	<Collection: 0 Items>	0	17,9	0,11	38,7	Absolute	38,7	False	False	<Collection: 0 Items>	<Collection: 0 Items>
441	POZOS-19	40,326	True	40,326	False	38,258	<Collection: 0 Items>	0	17,9	0,11	38,365	Absolute	38,365	False	False	<Collection: 0 Items>	<Collection: 0 Items>
442	POZOS-2	52,18	True	52,18	False	48,982	<Collection: 0 Items>	0	6,88	0,07	49,047	Absolute	49,047	False	False	<Collection: 0 Items>	<Collection: 0 Items>
443	POZOS-20	39,637	True	39,637	False	38,034	<Collection: 0 Items>	0	17,9	0,11	38,141	Absolute	38,141	False	False	<Collection: 0 Items>	<Collection: 0 Items>
444	POZOS-21	39,347	True	39,347	False	37,46	<Collection: 0 Items>	0	18,88	0,11	37,57	Absolute	37,57	False	False	<Collection: 0 Items>	<Collection: 0 Items>
445	POZOS-22	39,247	True	39,247	False	37,093	<Collection: 0 Items>	0	18,88	0,11	37,203	Absolute	37,203	False	False	<Collection: 0 Items>	<Collection: 0 Items>
446	POZOS-23	37,718	True	37,718	False	35,544	<Collection: 0 Items>	0	19,59	0,11	35,656	Absolute	35,656	False	False	<Collection: 0 Items>	<Collection: 0 Items>
449	POZOS-26	33,233	True	33,233	False	33,081	<Collection: 0 Items>	0	21,27	0,12	33,198	Absolute	33,198	False	False	<Collection: 0 Items>	<Collection: 0 Items>
448	POZOS-25	34,387	True	34,387	False	32,268	<Collection: 0 Items>	0	21,42	0,12	32,386	Absolute	32,386	False	False	<Collection: 0 Items>	<Collection: 0 Items>
452	POZOS-29	33,519	True	33,519	False	30,917	<Collection: 0 Items>	0	23,41	0,12	31,788	Absolute	31,788	False	False	<Collection: 0 Items>	<Collection: 0 Items>
451	POZOS-28	33,316	True	33,316	False	30,593	<Collection: 0 Items>	0	24,39	0,14	31,055	Absolute	31,055	False	False	<Collection: 0 Items>	<Collection: 0 Items>
453	POZOS-3	51,47	True	51,47	False	48,266	<Collection: 0 Items>	0	74,59	0,18	30,775	Absolute	30,775	False	False	<Collection: 0 Items>	<Collection: 0 Items>
454	POZOS-30	30,806	True	30,806	False	28,657	<Collection: 0 Items>	0	12,83	0,09	28,889	Absolute	28,889	False	False	<Collection: 0 Items>	<Collection: 0 Items>
456	POZOS-4	48,68	True	48,68	False	47,264	<Collection: 0 Items>	0	12,83	0,09	47,354	Absolute	47,354	False	False	<Collection: 0 Items>	<Collection: 0 Items>
457	POZOS-5	52,39	True	52,39	False	46,624	<Collection: 0 Items>	0	12,83	0,09	46,714	Absolute	46,714	False	False	<Collection: 0 Items>	<Collection: 0 Items>
458	POZOS-6	51,54	True	51,54	False	46,059	<Collection: 0 Items>	0	12,83	0,09	46,145	Absolute	46,145	False	False	<Collection: 0 Items>	<Collection: 0 Items>
459	POZOS-8	49,85	True	49,85	False	45,956	<Collection: 0 Items>	0	12,83	0,1	45,457	Absolute	45,457	False	False	<Collection: 0 Items>	<Collection: 0 Items>
460	POZOS-7	48,83	True	48,83	False	45,733	<Collection: 0 Items>	0	12,83	0,09	45,822	Absolute	45,822	False	False	<Collection: 0 Items>	<Collection: 0 Items>
461	POZOS-9	48,62	True	48,62	False	45,128	<Collection: 0 Items>	0	12,91	0,09	45,218	Absolute	45,218	False	False	<Collection: 0 Items>	<Collection: 0 Items>
499	POZOS-32	31,394	True	31,394	False	28,234	<Collection: 0 Items>	0	76,84	0,19	28,419	Absolute	28,419	False	False	<Collection: 0 Items>	<Collection: 0 Items>
500	POZOS-34	30,205	True	30,205	False	27,975	<Collection: 0 Items>	0	77,67	0,2	28,175	Absolute	28,175	False	False	<Collection: 0 Items>	<Collection: 0 Items>
501	POZOS-33	30,036	True	30,036	False	27,826	<Collection: 0 Items>	0	81,79	0,26	28,084	Absolute	28,084	False	False	<Collection: 0 Items>	<Collection: 0 Items>
502	POZOS-35	31,706	True	31,706	False	27,75	<Collection: 0 Items>	0	81,94	0,19	27,942	Absolute	27,942	False	False	<Collection: 0 Items>	<Collection: 0 Items>
503	POZOS-36	33,105	True	33,105	False	27,542	<Collection: 0 Items>	0	82,57	0,29	27,881	Absolute	27,881	False	False	<Collection: 0 Items>	<Collection: 0 Items>
504	POZOS-37	34,716	True	34,716	False	27,416	<Collection: 0 Items>	0	82,75	0,19	27,712	Absolute	27,712	False	False	<Collection: 0 Items>	<Collection: 0 Items>
505	POZOS-38	34,689	True	34,689	False	27,416	<Collection: 0 Items>	0	82,75	0,21	27,628	Absolute	27,628	False	False	<Collection: 0 Items>	<Collection: 0 Items>
506	POZOS-39	30,331	True	30,331	False	27,275	<Collection: 0 Items>	0	83,55	0,2	27,475	Absolute	27,475	False	False	<Collection: 0 Items>	<Collection: 0 Items>
517	POZOS-31	33,12	True	33,12	False	28,482	<Collection: 0 Items>	0	76,04	0,18	28,666	Absolute	28,666	False	False	<Collection: 0 Items>	<Collection: 0 Items>

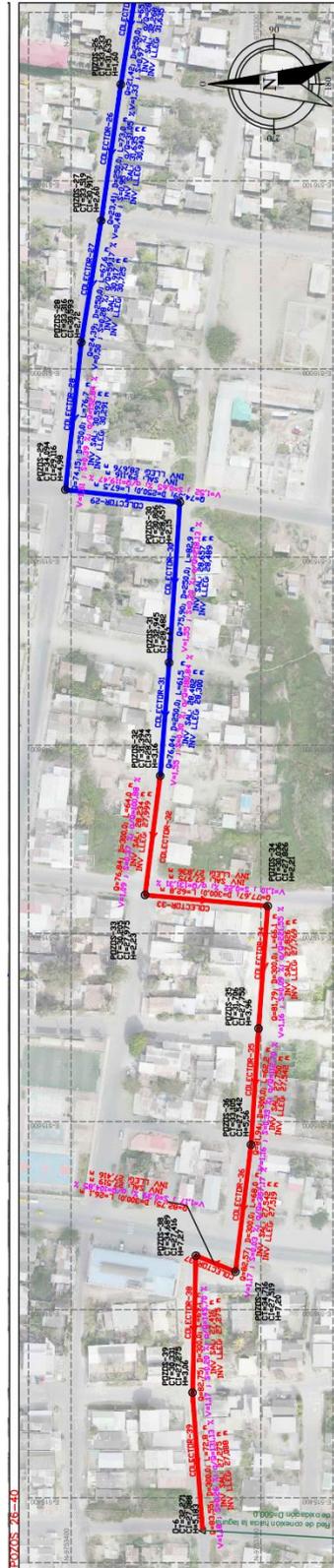




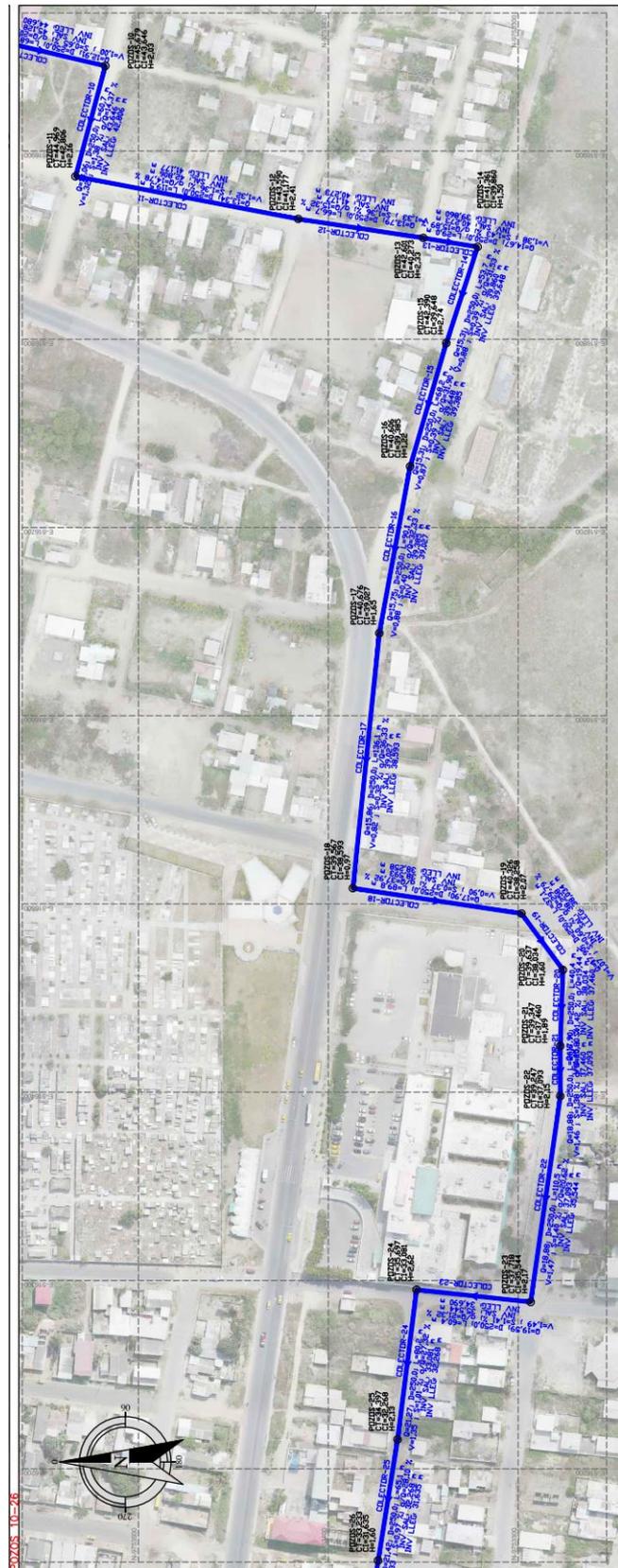
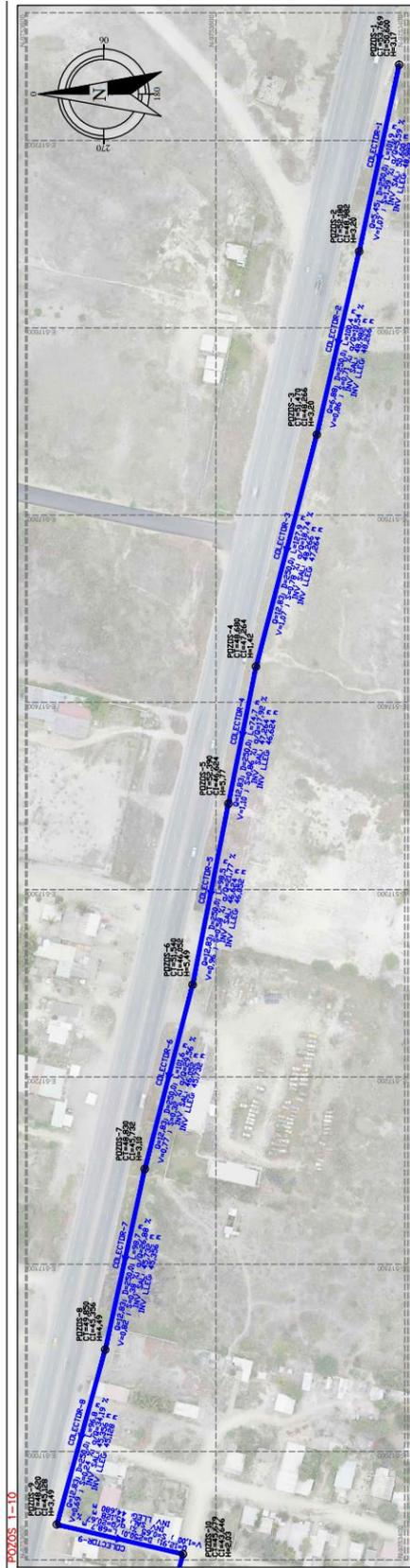
Anexo 7  
Sistema existente en el Cantón Santa Elena.



Anexo 8  
Sistema Existente en el Catón Santa Elena



Anexo 9  
Sistema proyectado del Catón Santa Elena.

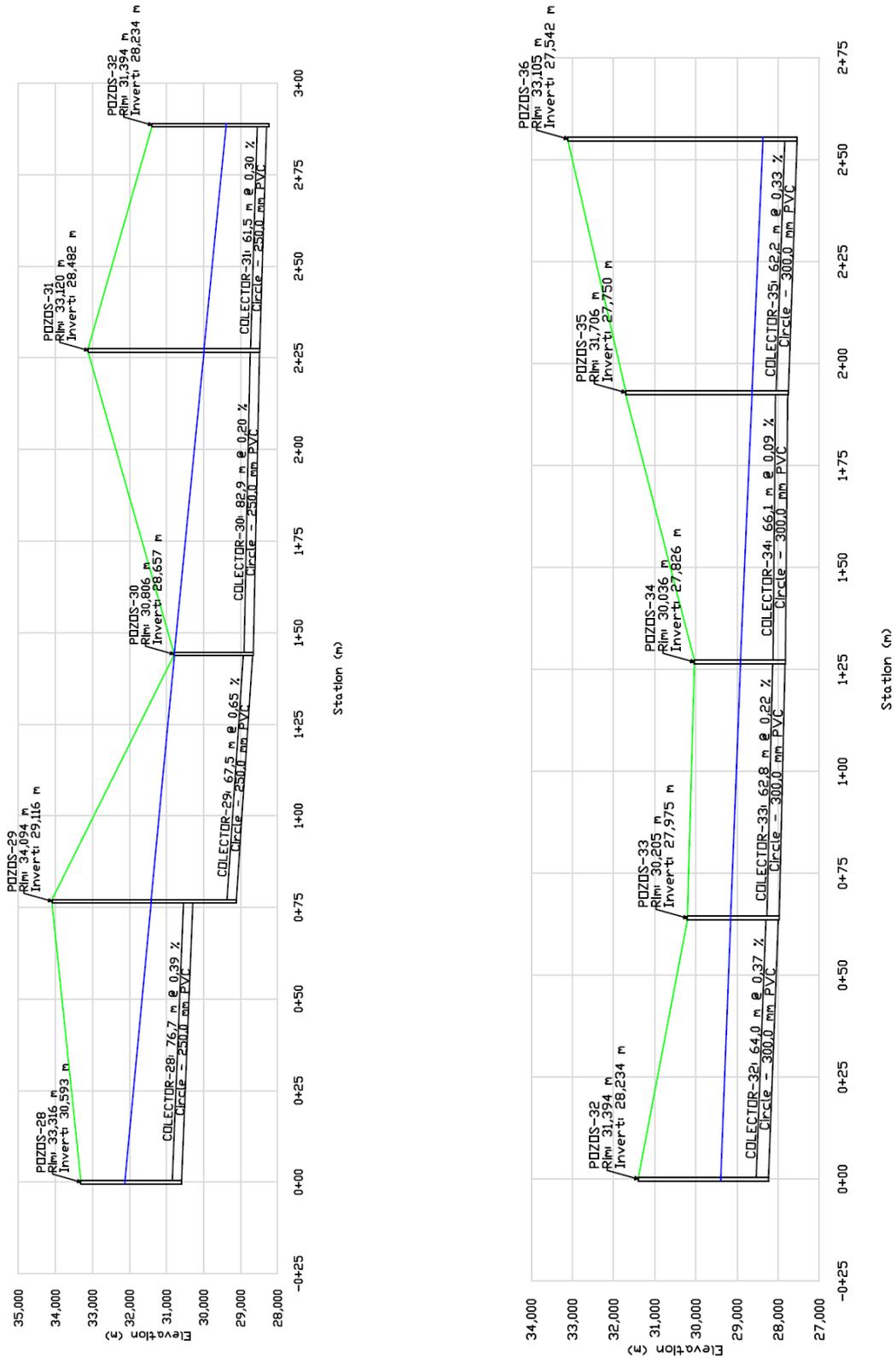


**Anexo 10**  
*Sistema Propyectado del Cantón Santa Elena*



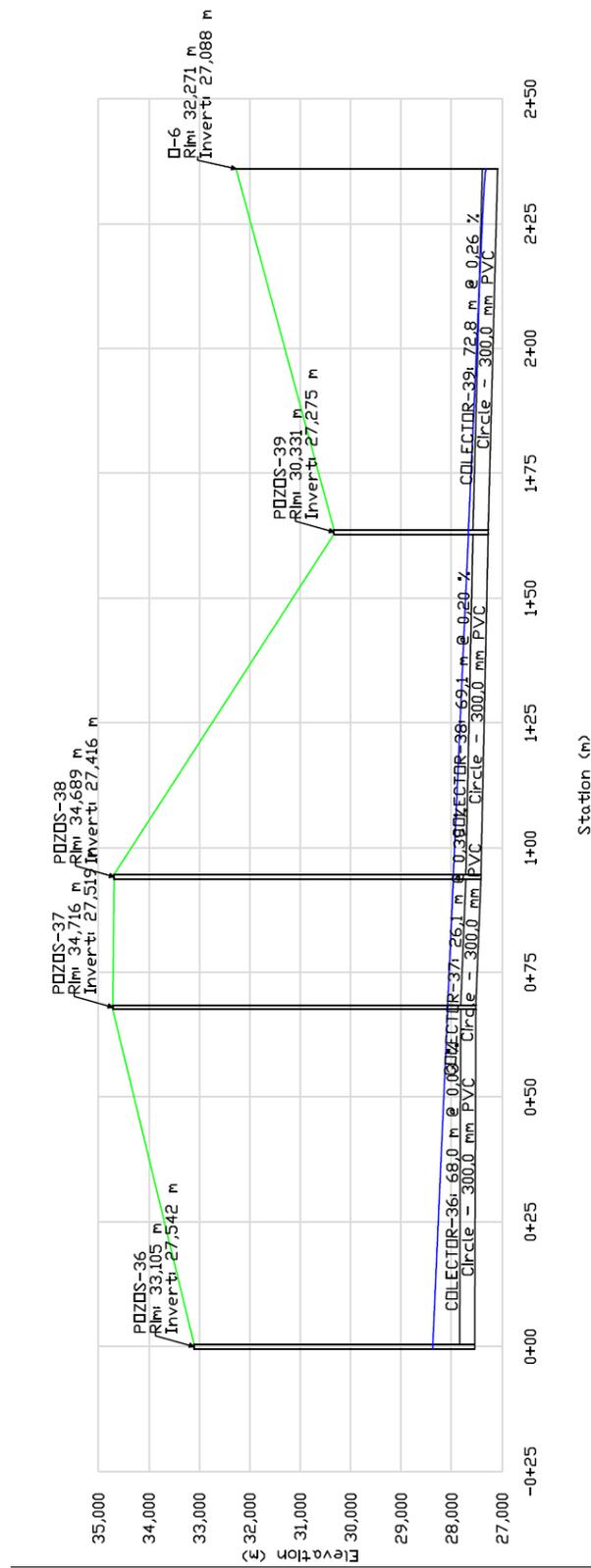
## Anexo 11

Perfil longitudinal de redes de alcantarillado existente.



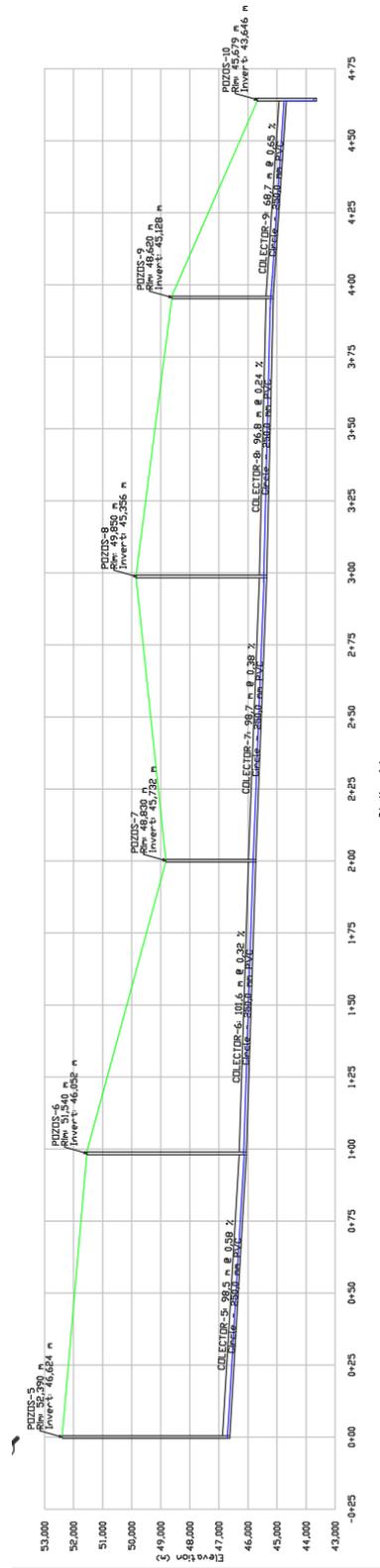
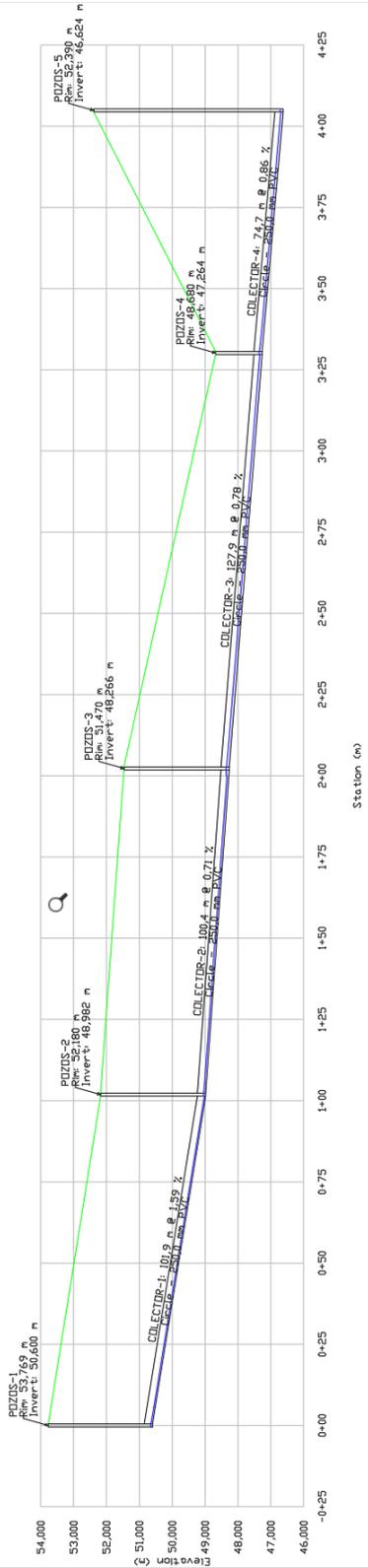
## Anexo 12

Perfil longitudinal de redes de alcantarillado existente.



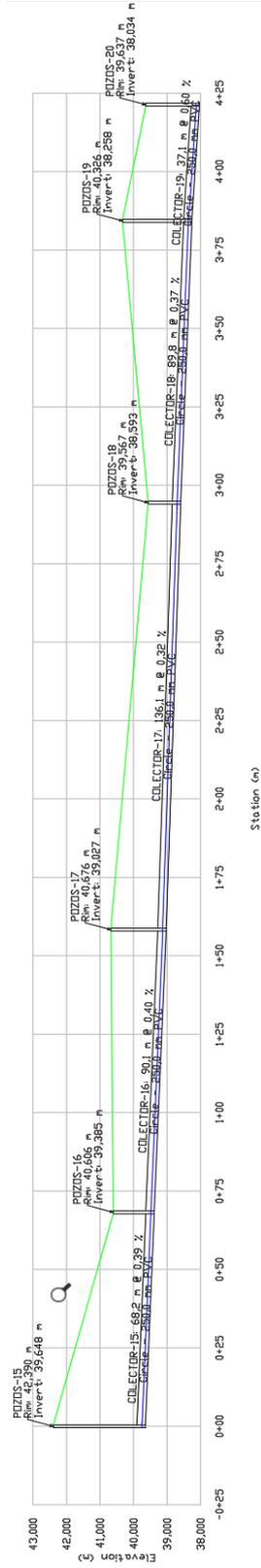
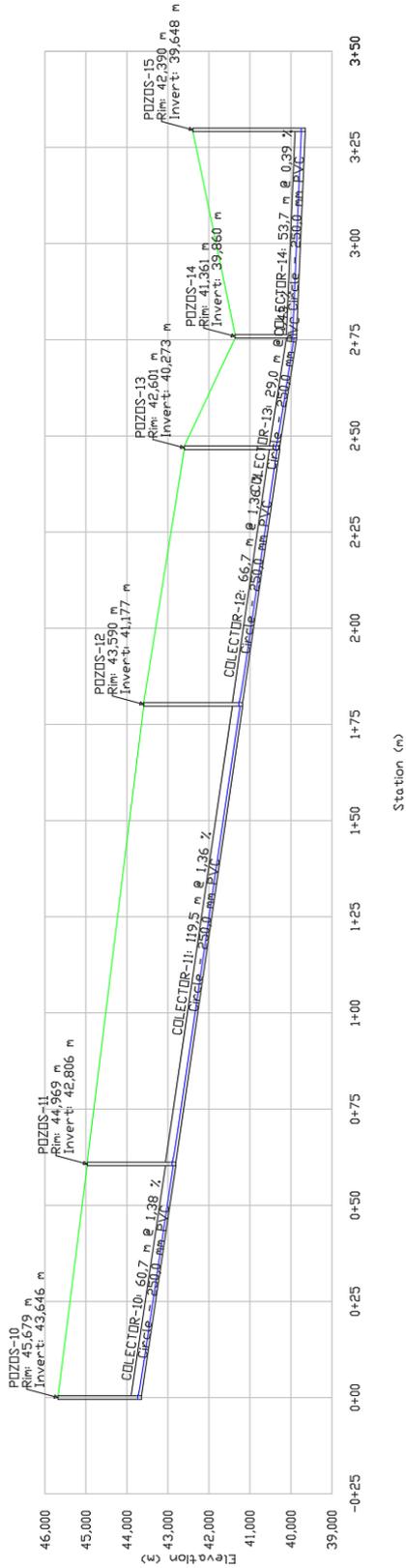
### Anexo 13

### Perfil longitudinal de redes de alcantarillado proyectado.



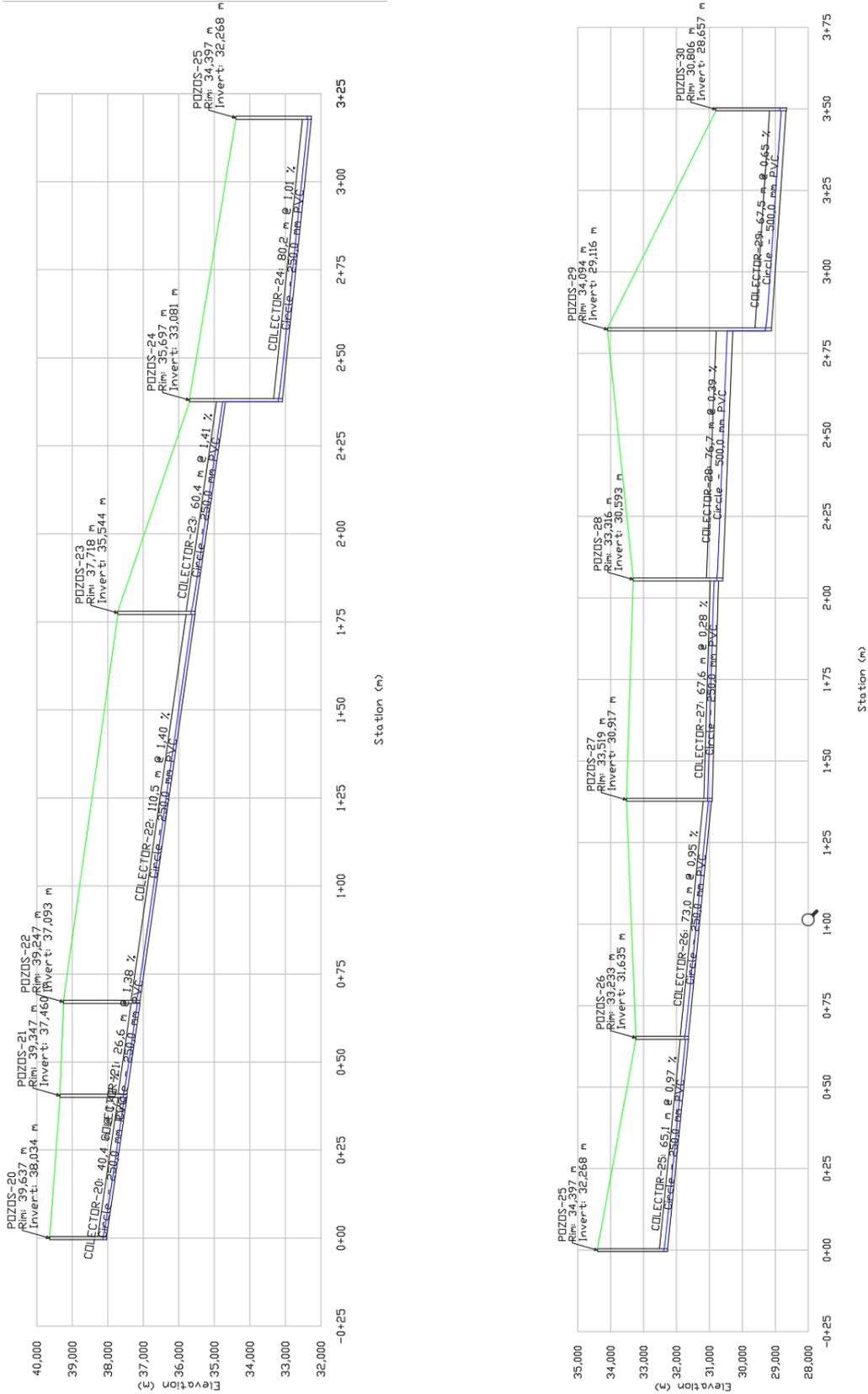
## Anexo 14

### Perfil longitudinal de redes de alcantarillado proyectado.



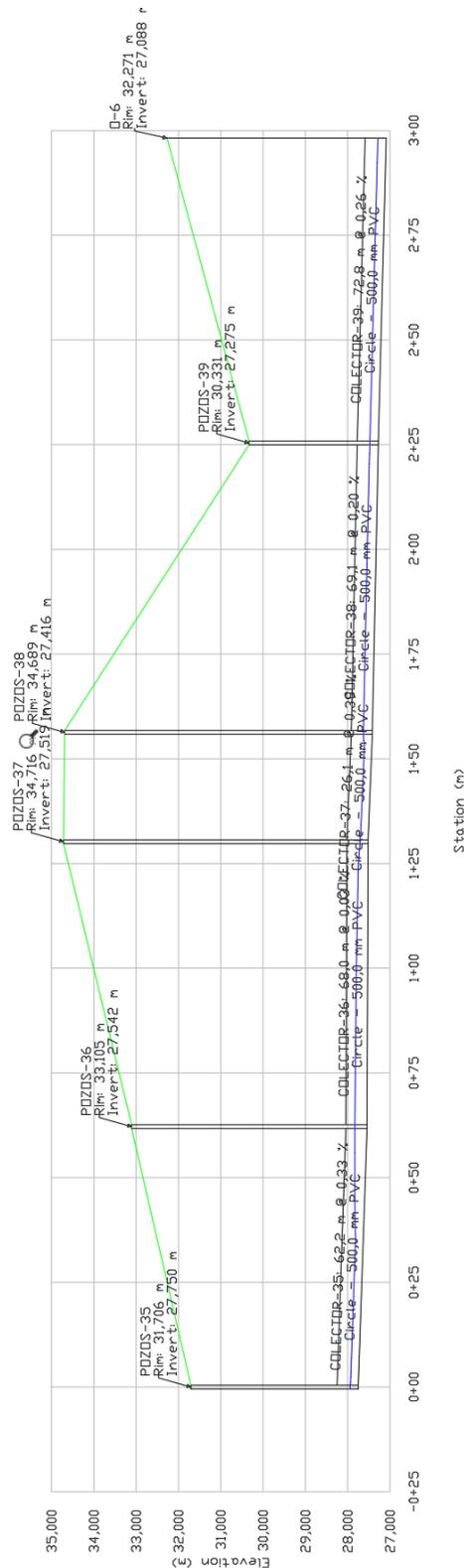
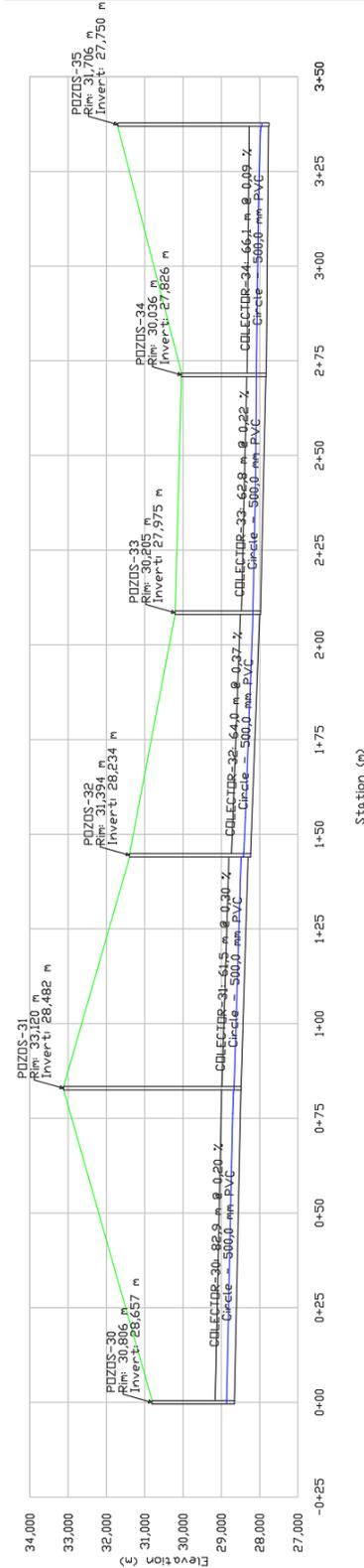
## Anexo 15

### Perfil longitudinal de redes de alcantarillado proyectado.



## Anexo 16

### Perfil longitudinal de redes de alcantarillado proyectado.



## Anexo 17

### Presupuesto del sistema de alcantarillado sanitario.

PRESUPUESTO REFERENCIAL EXTENSIÓN DE RED AASS						
UBICACIÓN :		CAMBIO DE COLECTORES CANTON SANTA ELENA			 	
FECHA:		nov-24				
CAMBIO DE COLECTORES CANTON SANTA ELENA						
A: MATERIALES						
COD.	No.	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNIT.	P.TOTAL
S/N	1	SUMINISTRO DE TUBO PVC RIGIDO 540 mm PARA ALCANTARILLADO	ML.	779,70000	\$ 101,15000	\$ 78.866,65500
S/N	2	CINTA DELIMITADORA DE PELIGRO	M	500,00000	\$ 0,86000	\$ 430,00000
S/N	3	CAMA DE ARENA PARA PROTECCIÓN DE TUBERIA	M3	411,95320	\$ 21,10000	\$ 8.632,21243
					Sub Total A	\$ 87.388,86743
B: MANO DE OBRA						
N°	No.	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNIT.	P.TOTAL
S/N	4	EXCAVACIÓN A MAQUINA H= 0 A 2.00 MT.	M3	141,05435	\$ 3,56000	\$ 502,15343
S/N	5	EXCAVACIÓN A MAQUINA H= 2 A 4.00 MT.	M3	1973,14313	\$ 3,66000	\$ 7.221,72605
S/N	6	EXCAVACIÓN A MAQUINA H= 4 A 6.00 MT.	M3	3351,44628	\$ 4,47000	\$ 17.662,96483
S/N	7	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL DEL SITIO	M3	4418,77312	\$ 5,10000	\$ 22.535,77352
S/N	8	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL DE PRESTAMO IMPORTADO	M3	1104,63478	\$ 10,10000	\$ 11.157,41728
S/N	9	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL DE BASE CLASE 1	M3	116,95500	\$ 17,51000	\$ 2.047,88205
S/N	10	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL DE SUB-BASE CLASE 3	M3	116,95500	\$ 12,04000	\$ 1.408,13820
S/N	11	TRANSPORTE DE MATERIAL DE PRESTAMO IMPORTADO, BASE CLASE 1 Y SUB-BASE CLASE 3	M3	4685,11673	\$ 0,28000	\$ 1.311,83268
S/N	12	DESALOJO DE MATERIALES SOBANTES	M3	542,17593	\$ 2,45000	\$ 1.328,33102
S/N	13	PERFILADA LONGITUDINAL EN ASFALTO	ML.	1553,40000	\$ 1,27000	\$ 1.980,43800
S/N	14	ROTURA Y REPOSICION DE ASFALTO EN CALIENTE E=0.05M	M2	779,70000	\$ 15,47000	\$ 12.061,95300
S/N	15	ROTURA Y REPOSICIÓN DE PARED DE CAMARA DE H.A.	U	13,00000	\$ 104,84000	\$ 1.362,92000
S/N	16	INSTALACIÓN DE TUBERIA 540 mm PARA ALCANTARILLADO	ML.	779,70000	\$ 2,93000	\$ 2.284,52100
S/N	17	PRUEBA DE CONTINUIDAD Y ESTANQUEIDAD	ML.	779,70000	\$ 1,17000	\$ 912,24300
S/N	18	LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO, TRAZADO DE TUBERIA	ML.	779,70000	\$ 0,45000	\$ 350,86500
S/N	19	ABATIMIENTO DE BOMBA 2" O 3"	HORA	1	\$ 7,40000	\$ 7,40000
S/N	20	LETRERO DE SEÑALIZACIÓN	U	1	\$ 71,13000	\$ 71,13000
S/N	21	CONOS REFLECTIVOS	U	1	\$ 13,66000	\$ 13,66000
S/N	22	EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL	U	1	\$ 60,00000	\$ 60,00000
S/N	23	HIDROCLEANER	DIA	30	\$ 250,00000	\$ 7.500,00000
					Sub Total B	\$ 31.787,36117
					Sub Total A+B	\$ 119.176,22866
					I.V.A 15%	\$ 26.366,43430
					<b>TOTAL</b>	<b>\$ 206.742,66</b>

**Anexo 18**  
**Levantamiento Topográfico**

	UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD CIENCIAS DE LA INGIENERIA	
	CARRERA DE INGENIERIA CIVIL	
TEMA DE TESIS	EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DEL SECTOR CENTRAL DE LA CIUDAD DE SANTA ELENA	
TESISTAS	REYES SUAREZ CARLOS JOSEPH RODRIGUEZ LOPEZ DANIEL ALEJANDRO	
TUTOR	ING. GUIDO MOISES SAFADI ORTIZ, MSc.	



**Anexo 19**  
**Levantamiento Topográfico**

	UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA	
	FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERIA	
	CARRERA DE INGENIERIA CIVIL	
TEMA DE TESIS	EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DEL SECTOR CENTRAL DE LA CIUDAD DE SANTA ELENA	
TESISTAS	REYES SUÁREZ CARLOS JOSEPH RODRIGUEZ LOPEZ DANIEL ALEJANDRO	
TUTOR	ING. GUIDO MOÍSES SAFADI ORTIZ, MSc.	

