



**UNIVERSIDAD DEL AZUAY**  
**FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para la Vía Trozana, comunidad Corazón de Lentag, parroquia Asunción del Cantón Girón, provincia del Azuay.

**Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:**  
**Ingeniero Civil**

**Autores:**

Mateo Nicolas Moyano Bueno

Andrés Eduardo Vázquez Maita

**Director:**

Ing. Josué Bernardo Larriva Vásquez

**Cuenca-Ecuador**

**Año**

**2025-2026**

## **Dedicatoria**

Dedico este trabajo de titulación, en primer lugar, a Dios y a la Virgen Dolorosa, quienes han sido mi guía y fortaleza a lo largo de este camino, iluminando cada uno de mis pasos y dándome la perseverancia necesaria para cumplir mis objetivos y seguir luchando por mis sueños.

A mi mamá, por su amor infinito, su esfuerzo incansable y su apoyo incondicional en todo momento. Gracias por ser mi ejemplo de fortaleza, por brindarme siempre sus consejos y sabiduría, y por enseñarme a levantarme cada día sin rendirme. Este logro también es suyo, porque nunca soltó mi mano y siempre creyó en mí, incluso en los momentos más difíciles.

A mis tíos Lorena y Giovanni, por su apoyo constante, sus palabras de aliento y sus valiosos consejos. Gracias por estar presentes no solo en los momentos de alegría, sino también en aquellos en los que más los necesité, motivándome a no rendirme y a seguir adelante en esta etapa tan importante de mi vida. Este logro también lleva una parte de ustedes.

A mi novia Poleth, por acompañarme en los momentos más complejos de este proceso, por su paciencia y amor. Gracias por ser mi apoyo emocional, por creer en mí, por tus palabras de ánimo y por caminar a mi lado en esta etapa tan significativa que hoy culmina.

A mis amigos y a todas las maravillosas personas que conocí durante este camino, con quienes compartí risas, aprendizajes, preocupaciones, viajes y experiencias inolvidables. Gracias a ustedes, la universidad se convierte en un recuerdo lleno de cariño y gratitud.

Finalmente, a toda mi familia, que de una u otra manera me brindó su apoyo, afecto y consejos a lo largo de esta etapa. Cada gesto, por pequeño que haya sido, contribuyó a que hoy pueda alcanzar esta meta.

Mateo Nicolas Moyano Bueno

Dedico este trabajo de titulación, en primer lugar, a la Virgen del Cisne, por iluminar mi camino, darme sabiduría, fuerza y la oportunidad de llegar hasta este momento tan importante en mi vida.

A mis padres, por su amor infinito, por cada sacrificio realizado y por estar a mi lado en los momentos más difíciles. Gracias por ser mi ejemplo de lucha, constancia y humildad, y por enseñarme que con esfuerzo todo se puede alcanzar.

A mis hermanas, por su cariño sincero, por cada palabra de ánimo y por hacerme sentir siempre acompañado en este camino. Su presencia en mi vida ha sido una motivación constante para seguir adelante.

A mis amigos y a aquellas personas maravillosas que conocí en este camino, quienes, con su amistad verdadera, apoyo y momentos compartidos hicieron que la universidad se sintiera como mi segunda casa. Gracias por las risas, las experiencias vividas y por estar presentes en una de las etapas más importantes de mi vida.

A toda mi familia, por su apoyo, comprensión y afecto durante esta etapa, porque cada gesto y cada palabra de aliento fueron parte fundamental para no rendirme.

Andres Eduardo Vazquez Maita

## **Agradecimientos**

Expresamos nuestro más sincero agradecimiento a Dios y a nuestras familias, especialmente a nuestros padres y tíos, por su amor, esfuerzo, sacrificio y apoyo incondicional a lo largo de nuestra formación académica. Su confianza y respaldo han sido fundamentales para alcanzar esta importante meta.

De manera especial, agradecemos a nuestro tutor, Ing. Josué Larriva, por la oportunidad brindada, su guía constante y el acompañamiento técnico durante cada etapa de este trabajo de titulación.

Asimismo, extendemos nuestro reconocimiento a Ing. Eduardo Serpa y Ing. David Serpa, por sus valiosos aportes, orientaciones técnicas y disposición para compartir sus conocimientos.

Agradecemos también a las personas de la comunidad, quienes con su colaboración y apertura contribuyeron al desarrollo de este estudio. De manera particular, nuestra gratitud para Lic. Rolando Armijos, por su apoyo y gestión en beneficio de la comunidad.

Finalmente, expresamos nuestro reconocimiento a la comunidad universitaria, por haber formado parte de nuestro crecimiento académico y profesional, brindándonos los conocimientos y valores necesarios para culminar esta etapa.

A todos ellos, nuestro profundo agradecimiento por haber sido parte fundamental en la culminación de esta meta profesional.

Mateo Moyano y Andrés Vazquez

## Resumen

La comunidad Corazón de Lentag, ubicada en la vía Trozana, parroquia La Asunción, cantón Girón, provincia del Azuay, carece de un sistema de alcantarillado sanitario, situación que obliga a sus habitantes a depender de soluciones individuales que con el tiempo y falta de mantenimiento corren el riesgo de un mal funcionamiento. Ante esta realidad, el presente trabajo de titulación tuvo como objetivo diseñar un sistema de alcantarillado sanitario y sistema de tratamiento de aguas residuales que cumple con la normativa ecuatoriana vigente, y sirva como herramienta técnica de referencia para su futura implementación por parte de las autoridades competentes. Para alcanzar este propósito, se recopiló información de campo mediante encuestas y levantamiento topográfico, se proyectó la población futura y se desarrolló el diseño hidráulico completo de la red de recolección junto con el dimensionamiento del sistema de tratamiento de aguas residuales. El diseño de la red contempla tuberías de PVC, pozos de revisión distribuidos a lo largo del trazado y un sistema de tratamiento estructurado en tres etapas: una fosa séptica de doble cámara como tratamiento primario, un filtro anaerobio de flujo ascensional como tratamiento secundario y un lecho filtrante de aplicación al suelo como sistema de disposición final.

**Palabras clave:** alcantarillado sanitario, diseño hidráulico, fosa séptica, filtro anaerobio de flujo ascensional, lecho filtrante.

## **Abstract**

The community of Corazón de Lentag, located on the Trozana road in the La Asunción parish, Girón canton, Azuay province, lacks a sanitary sewer system. This situation forces its inhabitants to rely on individual solutions that, over time and with lack of maintenance, are at risk of malfunction. Given this reality, this thesis aimed to design a sanitary sewer and wastewater treatment system that complies with current Ecuadorian regulations and serves as a technical reference tool for its future implementation by the relevant authorities. To achieve this objective, field data was collected through surveys and topographic mapping, future population projections were developed, and the complete hydraulic design of the collection network was created, along with the sizing of the wastewater treatment system. The network design incorporates PVC pipes, manholes distributed throughout the layout, and a three-stage treatment system: a double-chamber septic tank as primary treatment, an up flow anaerobic filter as secondary treatment and a soil-application filter bed as the final disposal system.

**Keywords:** sanitary sewerage, hydraulic design, septic tank, up flow anaerobic filter, infiltration in the ground.

# Índice de contenidos

Dedicatoria	ii
Agradecimientos	iv
Resumen	v
Abstract	vi
Índice de contenidos	vii
Índice de figuras	xi
Índice de tablas	xii
Índice de ecuaciones	xiii
Introducción	1
Problemática y Justificación	2
Objetivos	3
Objetivo General.	3
Objetivos Específicos	3
1. Capítulo 1: Generalidades	4
1.1 Ubicación geográfica del proyecto	4
1.1.1 Características de la superficie de la zona	5
1.1.2 Geología	6
1.1.3 Riesgos por inundaciones	7
1.1.4 Microcuencas hidrográficas	8
1.2 Población.	9
1.2.1 Sistema de Salud	10
1.2.2 Educación	10
1.2.3 Actividad Económica	11
1.3 Infraestructura Existente	11

1.3.1	Sistema de disposición de aguas residuales _____	12
1.3.2	Cobertura de alcantarillado sanitario a nivel cantonal y parroquial _____	13
2.	Capítulo 2: Recolección de información de campo _____	14
2.1	Datos poblacionales de la vía Trozana _____	14
2.2	Encuestas beneficiarios de la comunidad _____	16
2.2.1	Infraestructura sanitaria existente _____	16
2.2.2	Condiciones del predio _____	17
2.2.3	Condiciones socioeconómicas _____	18
2.2.4	Condiciones de salud _____	20
2.2.5	Percepción del servicio _____	21
2.3	Levantamiento topográfico de la zona. _____	23
2.3.1	Georreferenciación y puntos de control _____	24
2.3.2	Metodología del levantamiento topográfico _____	24
2.3.3	Escala y densidad de puntos _____	25
2.3.4	Procesamiento y análisis de la información _____	25
3.	Capítulo 3: Parámetros y criterios de diseño _____	27
3.1	Tipos de sistemas de alcantarillado _____	27
3.1.1	Sistemas convencionales y no convencionales _____	27
3.2	Área de aporte _____	28
3.2.1	Población _____	29
3.2.2	Población de diseño _____	29
3.2.3	Población futura _____	29
3.3	Dotación _____	33
3.4	Tuberías _____	37
3.5	Rugosidad _____	37

3.6 Pozo de revisión _____	38
3.6.1 Profundidad _____	39
3.7 Velocidades _____	39
3.8 Pendiente _____	40
3.9 Determinación del caudal de diseño _____	40
3.9.1 Caudal de diseño _____	40
3.9.2 Caudal de aguas residuales _____	41
3.9.3 Caudal de infiltración _____	42
3.9.4 Caudal de aguas ilícitas _____	43
3.10 Hidráulica de alcantarillas _____	44
3.10.1 Flujo de tubería llena _____	44
3.10.2 Flujo de tubería parcialmente llena _____	46
3.10.3 Relaciones hidráulicas _____	46
4. Capítulo 4: Planta de tratamiento de aguas residuales _____	48
4.1. Caracterización de las aguas residuales _____	48
4.1.1 Descripción general _____	48
4.1.2 Parámetros físicos para la caracterización de las aguas residuales _____	48
4.1.3 Parámetros químicos para la caracterización de las aguas residuales _____	50
4.1.4 Parámetros microbiológicos para la caracterización de las aguas residual _____	51
4.1.5 Medida de concentración de contaminantes en aguas residuales _____	53
4.1.6 Criterios para la selección de la tecnología de tratamiento _____	55
5. Capítulo 5: Diseño de la red de alcantarillado sanitario _____	57
5.1 Parámetros de diseño _____	57
5.2 Metodología de diseño _____	58
5.3 Resultados Vía Trozana _____	59

5.4 Diseño de pozos de revisión _____	62
5.5 Tratamiento para la Vía Trozana _____	64
5.5.1 Fosa séptica de doble cámara _____	64
5.5.2 Eficiencia de remoción de la fosa séptica de doble cámara _____	66
5.5.3 Filtro anaerobio de flujo ascensional _____	67
5.5.4 Parámetros y consideraciones del filtro anaerobio de flujo ascensional _____	67
5.5.5 Cálculo del volumen y dimensiones del filtro anaerobio de flujo ascensional _____	68
5.5.6 Eficiencia de remoción del filtro anaerobio de flujo ascensional _____	70
5.5.7 Lecho filtrante para aplicación al suelo _____	70
5.5.8 Parámetros y consideraciones del lecho filtrante _____	71
5.5.9 Cálculo y dimensiones del lecho filtrante _____	71
5.6 Planos, topográficos, planta y perfil _____	74
Conclusiones _____	76
Recomendaciones _____	79
Referencias _____	81
Anexos _____	84

# Índice de figuras

<i>Figura 1-1 Vía Trozana 2022.....</i>	<i>5</i>
<i>Figura 1-2 Geología. ....</i>	<i>7</i>
<i>Figura 1-3 Zona de riesgo de Inundaciones .....</i>	<i>8</i>
<i>Figura 2-1 Tipo de sistema de disposición de excretas en la comunidad.....</i>	<i>16</i>
<i>Figura 2-2 Percepción del sistema sanitario .....</i>	<i>17</i>
<i>Figura 2-3 Usos principales del predio .....</i>	<i>18</i>
<i>Figura 2-4 Ingreso económico mensual. ....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 2-5 Número de personas que registran ingresos. ....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 2-6 Promedio de visitas médicas anuales. ....</i>	<i>20</i>
<i>Figura 2-7 Promedio de enfermedades gastrointestinales en la comunidad. ....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 2-8 Percepción de la necesidad de un sistema sanitario formal.....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 2-9 Disposición de la población para la conexión del sistema .....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 2-10 Fotografía aérea de la zona .....</i>	<i>23</i>
<i>Figura 2-11 Levantamiento Topográfico Procesado.....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 3-1 Flujo parcialmente llena .....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 3-2 Relaciones entre flujos de parcialmente llena y llena.....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 3-3 Relaciones entre flujos de parcialmente llena y llena.....</i>	<i>47</i>

# Índice de tablas

<i>Tabla 1-1 Sistema de disposición de aguas residuales.</i>	12
<i>Tabla 2-1 levantamiento poblacional mediante encuestas.</i>	15
<i>Tabla 2-2 Resumen del levantamiento poblacional.</i>	16
<i>Tabla 3-1 Tasa de crecimiento poblacional.</i>	32
<i>Tabla 3-2 Consumo de la población en los últimos 3 meses.</i>	34
<i>Tabla 3-3 Niveles de servicio para sistemas de abastecimiento de agua, disposición de excretas y residuos líquidos.</i>	36
<i>Tabla 3-4 Dotaciones de agua para los diferentes niveles de servicio.</i>	37
<i>Tabla 3-5 Tabla de coeficiente de rugosidad de Manning.</i>	38
<i>Tabla 3-6 Distancia máximas entre pozos de revisión.</i>	38
<i>Tabla 4-1 Características epidemiológicas de los patógenos excretados.</i>	53
<i>Tabla 4-2 Características de las aguas residuales y fuentes de origen.</i>	55
<i>Tabla 5-1 Resumen parámetros de diseño.</i>	57
<i>Tabla 5-2 Resultados red Vía Trozana (Geometría, área tributaria y población)</i>	59
<i>Tabla 5-3 Resultados red Vía Trozana (Caudales de diseño por tramo)</i>	60
<i>Tabla 5-4 Resultados red Vía Trozana (Especificaciones técnicas de la tubería seleccionada)</i>	61
<i>Tabla 5-5 Resultados red Vía Trozana (Verificación hidráulica por tramo)</i>	62
<i>Tabla 5-6 Pozos de revisión</i>	63
<i>Tabla 5-7 Valores de diseño de fosa séptica de doble cámara</i>	64
<i>Tabla 5-8 Dimensiones mínimas de una fosa séptica de doble cámara</i>	65
<i>Tabla 5-9 Valores reales de diseño de fosa séptica de doble cámara</i>	66
<i>Tabla 5-10 Parámetros medios de calidad del agua residual</i>	66
<i>Tabla 5-11 Datos de diseño del filtro anaerobio de flujo ascensional</i>	68
<i>Tabla 5-12 Dimensiones del filtro anaerobio de flujo ascensional (Volumen necesario y Area).</i>	69
<i>Tabla 5-13 Dimensiones finales del filtro anaerobio de flujo ascensional.</i>	69
<i>Tabla 5-14 Eficiencia de remoción del filtro anaerobio de flujo ascensional.</i>	70
<i>Tabla 5-15 Criterios de diseño para lecho filtrante.</i>	71
<i>Tabla 5-16 Datos de diseño del lecho filtrante.</i>	72
<i>Tabla 5-17 Eficiencia de remoción de CF.</i>	74

## Índice de ecuaciones

<i>(Ecuación 3-1)</i> .....	30
<i>(Ecuación 3-2)</i> .....	30
<i>(Ecuación 3-3)</i> .....	31
<i>(Ecuación 3-4)</i> .....	32
<i>(Ecuación 3-5)</i> .....	40
<i>(Ecuación 3-6)</i> .....	41
<i>(Ecuación 3-7)</i> .....	42
<i>(Ecuación 3-8)</i> .....	43
<i>(Ecuación 3-9)</i> .....	44
<i>(Ecuación 3-10)</i> .....	44
<i>(Ecuación 3-11)</i> .....	45
<i>(Ecuación 3-12)</i> .....	45
<i>(Ecuación 5-1)</i> .....	64
<i>(Ecuación 5-2)</i> .....	68
<i>(Ecuación 5-3)</i> .....	69
<i>(Ecuación 5-4)</i> .....	72
<i>(Ecuación 5-5)</i> .....	72
<i>(Ecuación 5-6)</i> .....	73
<i>(Ecuación 5-7)</i> .....	73

## Introducción

Actualmente a nivel mundial y específicamente en Ecuador, se busca promover en todo el territorio los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) establecidos por la agenda 2030 de los cuales se menciona el uno de los objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS 6), “Agua limpia y Saneamiento”, que se enfoca en "garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y saneamiento para todos".(ODS 6 – ODS Ecuador, s/f). Este compromiso impulsa a los gobiernos y a la comunidad técnica a desarrollar soluciones que aseguren la recolección, conducción y tratamiento adecuado de aguas residuales, especialmente de sectores vulnerables como lo son los sectores rurales donde existen brechas gigantescas de infraestructura siendo evidente.

En esta idea, el presente proyecto aborda el diseño de un sistema de alcantarillado sanitario para la comunidad Corazón de Lentag, perteneciente a la parroquia La Asunción, cantón Girón, provincia del Azuay. La misma zona presenta una cobertura limitada de servicios sanitarios y predominante de sistemas alternativos y no adecuados, lo que evidencia la necesidad de contar con avales técnicos para planificar sistemas eficientes conforme a las normativas nacionales. El proyecto proporciona a las autoridades locales una base técnica que facilita una futura implementación de este tipo de sistema.

El desarrollo de este trabajo se fundamenta en los lineamientos técnicos normativos establecidos por instituciones especializadas en el país en temas sanitarios y ambientales. Los cuales definen criterios de diseño, parámetros hidráulicos, condiciones constructivas aplicables a nuestra zona de estudio, igualmente, investigaciones recientes realizadas en zonas rurales de Cuenca, como la evaluación de sistemas descentralizados de tratamiento de aguas residuales, han resaltado la necesidad de fortalecer los estudios de ingeniería previa como herramienta de planificación en el saneamiento rural (Alvarado et al., 2017).

Más allá de su carácter técnico, este trabajo busca consolidar un procedimiento metodológico aplicable a proyectos de saneamientos en zonas rurales, prioriza la rigurosidad en recopilación de datos la proyección poblacional, la determinación de caudales y el diseño hidráulico de la red. El estudio no pretende medir impactos sociales o ambientales directos, sino ofrecer una herramienta de planificación y apoyo a la gestión municipal en zonas rurales, alineada con metas nacionales de cobertura de saneamiento y con políticas públicas en materia de infraestructura básica.

## **Problemática y Justificación**

La parroquia La Asunción, perteneciente al cantón Girón, provincia del Azuay, es una de las más antiguas de la zona, con una población aproximada de 3.051 habitantes.(Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Girón & Universidad de Cuenca., 2020) .A pesar de su importancia histórica y cultural, la parroquia enfrenta una situación crítica en la cobertura de servicios básicos, en particular del alcantarillado sanitario, lo que repercute de manera significativa en la salud, el bienestar y el avance de sus comunidades rurales.

La ausencia de un sistema de alcantarillado formal obliga a la mayoría de los hogares a depender de pozos sépticos individuales, muchos de los cuales presentan deficiencias de construcción y mantenimiento. Esto genera riesgos sanitarios considerables, incluyendo contaminación, malos olores, proliferación de vectores y exposición a enfermedades transmitidas por aguas residuales, afectando directamente la salud de los habitantes y el entorno natural.

Desde el punto de vista normativo, Ecuador cuenta con leyes y regulaciones que establecen obligaciones claras respecto al saneamiento y la gestión de aguas residuales, como la *Ley de Prevención y Control de La Contaminación Ambiental.*, (2004), que prohíbe la descarga sin normas técnicas de aguas residuales que contengan contaminantes nocivos en ríos, quebradas, cuerpos de agua o suelos; y la Regulación N° 006 de la Agencia de Regulación y Control del Agua (Agencia de Regulación y Control del Agua, 2017), que exige a los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD) adoptar medidas para brindar servicios de agua potable y saneamiento, considerando criterios técnicos, sociales y ambientales.

La complejidad de la situación se agrava por factores socioeconómicos y geográficos. La población, mayoritariamente de nivel medio-bajo, se encuentra dispersa en 15 comunidades, entre ellas Corazón de Lentag, con aproximadamente 330 habitantes y ubicada a 15,3 km de la cabecera parroquial (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Girón & Universidad de Cuenca., 2020). Las vías de acceso son rurales y presentan condiciones variables que dificultan la logística. A esto se suman la topografía irregular y el clima templado de la zona (15–20 °C), que representan un reto para la implementación de infraestructura sanitaria adecuada.

El presente trabajo de titulación se orienta al diseño de un sistema de alcantarillado sanitario conforme a las normativas vigentes, tomando en cuenta las condiciones topográficas y

socioeconómicas de la comunidad. La propuesta incluye la recopilación de información técnica, levantamientos topográficos, análisis hidráulicos, selección de materiales y modelación mediante software especializado, con el fin de generar un estudio técnico sólido y aplicable. El alcance del proyecto se limita a la etapa de estudios y diseño, constituyendo un insumo para futuras decisiones de planificación y ejecución por parte de las autoridades competentes.

El aporte del proyecto no pretende ejecutar la obra ni generar impactos sociales inmediatos, sino desarrollar los estudios y el diseño de un sistema de alcantarillado sanitario conforme a las normativas vigentes. El alcance se limita a una propuesta técnica a entregarse completo tales como planos, cálculos y especificaciones, que sirva como base sólida para la planificación y futura implementación por parte de las autoridades competentes.

## **Objetivos**

### **Objetivo General.**

Diseñar un sistema de alcantarillado sanitario para la vía a Trozana, comunidad de Corazón de Lentag, parroquia La Asunción, cantón Girón, basado en normativas vigentes y criterios técnicos de ingeniería, a fin de generar un estudio confiable que sirva como referencia para su futura implementación.

### **Objetivos Específicos**

- Recolectar información técnica para el proyecto.
- Revisar normativas vigentes y definir los parámetros técnicos, hidráulicos y constructivos para el dimensionamiento de la red de alcantarillado
- Realizar el diseño detallado de ingeniería de la red de alcantarillado sanitario y un predimensionamiento de una planta de tratamiento, incluyendo planos constructivos y especificaciones técnicas.

# 1. Capítulo 1: Generalidades

## 1.1 Ubicación geográfica del proyecto

El proyecto denominado “Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para la Vía Trozana, comunidad Corazón de Lentag, parroquia La Asunción, cantón Girón, provincia del Azuay” se localiza en la región sur del Ecuador, dentro de la provincia del Azuay, una de las zonas con mayor diversidad topográfica y climática de la Sierra austral. Administrativamente, el área de estudio pertenece al cantón Girón y a la parroquia rural La Asunción, caracterizada por su relieve irregular, clima templado y predominio de actividades agropecuarias, la comunidad se puede visualizar en la Figura 1-1.

La comunidad de Corazón de Lentag se encuentra situada al sureste del centro parroquial de La Asunción, aproximadamente a 15,3 kilómetros de la cabecera cantonal de Girón, en una zona rural con asentamientos dispersos. Su ubicación geográfica corresponde a las coordenadas Este: 697 7412.21 m y Norte: 9 642 347.88 m, dentro de la zona UTM 17M, con una altitud promedio de 1 556 metros sobre el nivel del mar (*Corazón de Lentag, Azuay, Ecuador – Mapa y altitud.*, 2024). El sector presenta un clima templado con temperaturas que oscilan entre 15 °C y 20 °C, y una marcada estacionalidad de lluvias durante los meses de invierno.

El entorno natural del área de estudio está conformado por laderas suaves, zonas de cultivo y pequeñas quebradas, lo que determina las condiciones topográficas que deben considerarse en el diseño del sistema sanitario. La comunidad pertenece al territorio parroquial de La Asunción, reconocido por su valor histórico y por su extensión conformada por quince comunidades rurales, entre ellas Corazón de Lentag, donde el acceso vial y la cobertura de servicios básicos son limitados (*Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Girón & Universidad de Cuenca.*, 2020).

Figura 1-1 Vía Trozana 2022



Fuente: Google Earth (2020).

### 1.1.1 Características de la superficie de la zona

El área donde se desarrollará el estudio de este proyecto presenta una topografía caracterizada por relieves marcadamente montañoso, con laderas pronunciadas que condicionan de manera directa el trazado y la conducción del sistema de alcantarillado sanitario que se propondrá en este documento. La zona se articula a lo largo de una vía rural lastrada que atraviesa la comunidad se distribuye principalmente viviendas con sus correspondientes propiedades, las cuales incluyen terrenos utilizados para diversos fines: agrícolas, cultivos de subsistencia y áreas de uso habitacional. Este uso mixto del suelo genera un patrón de ocupación disperso y lineal a lo largo de la vía, lo que influye en la longitud de colectores y en la necesidad de adaptar el diseño a la misma variabilidad del relieve.

Si bien las pendientes exactas se determinaran mediante el levantamiento topográfico de forma preliminar según la morfología predominante en la zona se estima la presencia de pendientes naturales entre un 8 a 26 % estimadas mediante el uso de Google Earth. Estas variaciones

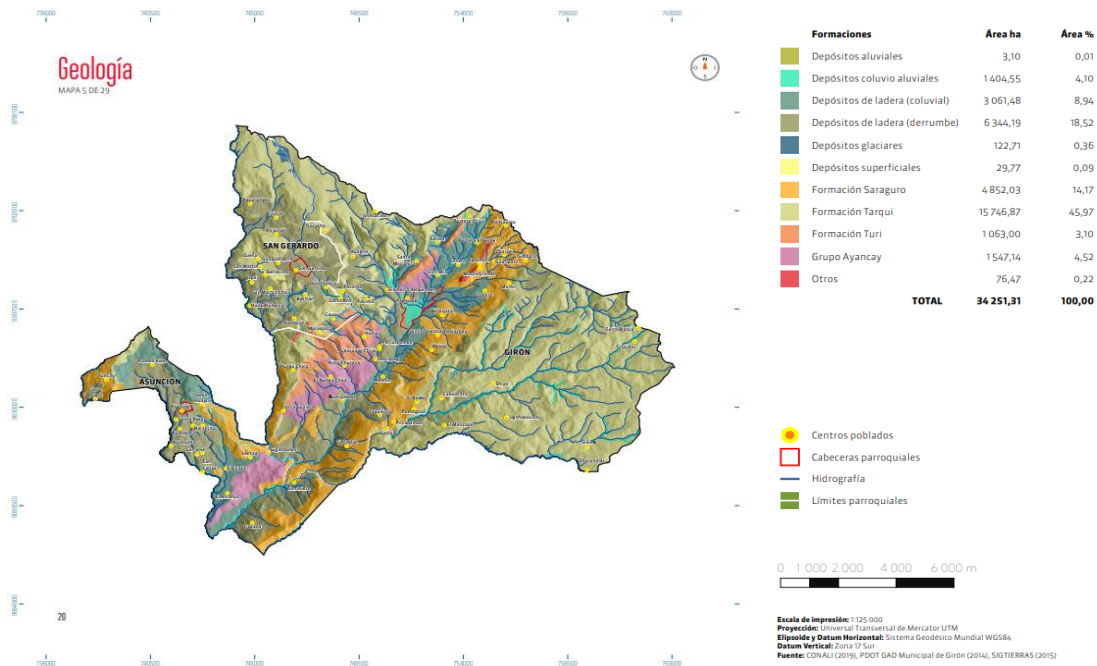
altimétricas implican retos hidráulicos que deberán considerarse para garantizar el adecuado transporte de aguas residuales y evitar velocidades excesivas que comprometan la estabilidad y durabilidad de las tuberías.

También se debe resaltar que en el entorno natural existen taludes, quebradas y zonas de escorrentía, elementos que constituyen puntos de atención para el diseño definitivo del sistema sanitario. A unos 800 metros del área de estudio se ubica un río que, aunque, no forma parte directa del proyecto, representa un componente geográfico relevante dentro del sistema natural de drenaje.

### **1.1.2 Geología**

La geología del cantón Girón (Figura 1-2) muestra un paisaje marcado por procesos que van desde antiguos movimientos de ladera hasta dinámicas fluviales recientes. Los depósitos aluviales, aunque escasos, corresponden a materiales “transportados y depositados por los ríos”, compuestos por “bloques, gravas y arenas limosas”, ocupando apenas 3,10 ha del territorio (Ávila et al., 2021). En las zonas donde convergen drenajes y laderas aparecen los depósitos coluvio-aluviales, descritos como materiales procedentes tanto de las laderas como de una dinámica fluvial restringida, situándose habitualmente en “vaguadas y los márgenes de pequeños drenajes”, con una extensión del 4,10 % del cantón (Ávila et al., 2021) También destacan los depósitos de ladera, donde el coluvión reciente presenta “disección baja” y escasa vegetación pionera, mientras que el coluvión antiguo exhibe mayor grado de corte; ambos abarcan cerca del 8,94 % del área (Ávila et al., 2021). A esto se suman los depósitos generados por derrumbes, definidos como deslizamientos de “masas de material de tierra, rocas o ambos”, que alcanzan el 18,52 % del territorio (Ávila et al., 2021). En las zonas más elevadas se conservan remanentes glaciares, compuestos por till y fragmentos incrustados en matriz fina, que cubren el 0,36 % del cantón (Ávila et al., 2021). Finalmente, sobresalen las formaciones rocosas: la Formación Saraguro, integrada por “piroclastos (tobas y aglomerados gruesos)” y lavas, que ocupa un 14,17 %, y la Formación Tarqui, compuesta principalmente por lavas andesíticas y basaltos, responsable del 45,97 % del área cantonal (Ávila et al., 2021).

Figura 1-2 Geología.



Fuente: Atlas Cantonal Girón (2020).

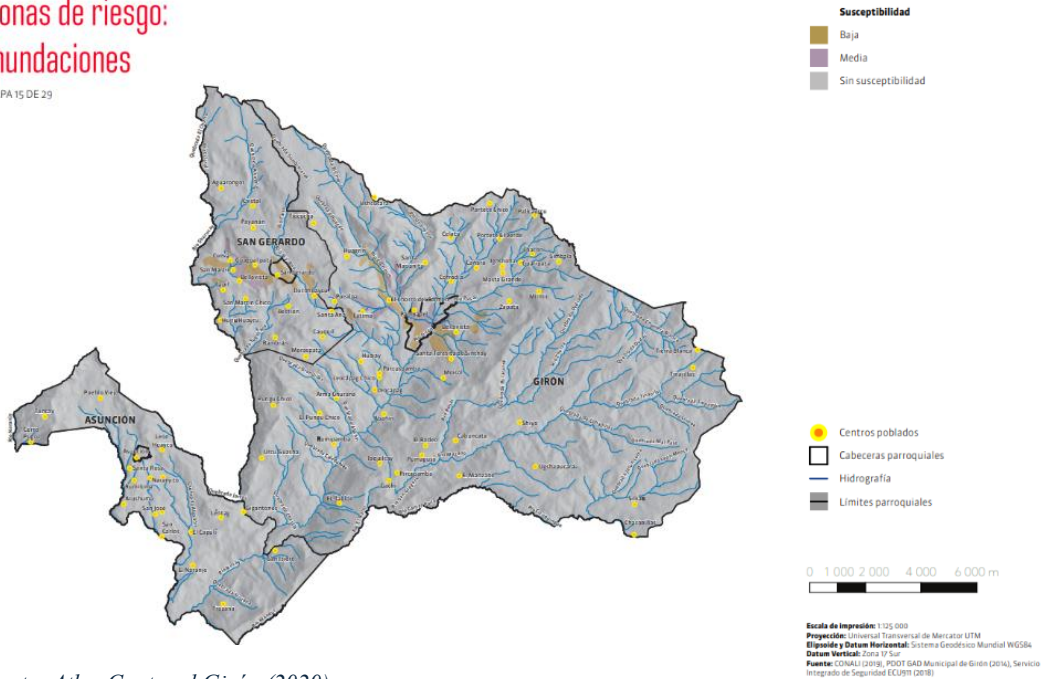
### 1.1.3 Riesgos por inundaciones

El cantón Girón presenta áreas con distintos niveles de susceptibilidad a inundaciones, definidas a partir de la cartografía generada por el Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias hacia el año 2015, la cual permite identificar zonas inundables mediante la integración de topografía, uso del suelo e imágenes. De acuerdo con el Atlas cantonal (Figura 1-3), estos mapas son una base preliminar, aunque representan adecuadamente las dinámicas de escorrentía, deben complementarse con estudios locales más detallados para una correcta planificación territorial (Ramírez et al., 2015). La adecuada interpretación de esta cartografía es esencial, ya que una “correcta gama de colores y su interpretación permite determinar fácilmente los niveles de susceptibilidad en la zona de estudio” (Ramírez et al., 2015). En Girón, las zonas con susceptibilidad media y alta se concentran principalmente en áreas adyacentes a las cuencas de los ríos Girón, Santa Ana y Rircay, donde la geomorfología y la acumulación de caudales favorecen el desbordamiento durante eventos de lluvia intensa. El mapa incluido en el Atlas muestra estas zonas sombreadas y distribuidas en los sectores urbanos y rurales más expuestos, constituyendo una herramienta clave para la gestión del riesgo y la planificación del uso del suelo (Ramírez et al., 2015).

Figura 1-3 Zona de riesgo de Inundaciones

## Zonas de riesgo: Inundaciones

MAPA 15 DE 29



Fuente: Atlas Cantonal Girón (2020)

### 1.1.4 Microcuencas hidrográficas

El cantón Girón presenta una organización hidrológica compuesta por diversas microcuencas hidrográficas, definidas como áreas donde el drenaje superficial converge hacia un cauce principal común, influyendo directamente en los procesos de escorrentía, disponibilidad hídrica y planificación territorial. Según el Atlas del cantón, la microcuenca de mayor extensión corresponde al río Mishquiyacu, con una superficie de 6 949,71 ha, equivalente al 20,29 % del territorio, seguida por los drenajes menores que abarcan 5 903,94 ha (17,24 %) y la microcuenca del río Manzano con 4 234,03 ha (12,36 %). Con ello, destacan las microcuencas de los ríos Rircay, Santa Ana y Ziurza, que junto con varias quebradas como Abañín, Chaulla y Calderonias conforman una red hídrica densa y jerarquizada, fundamental para el manejo del recurso hídrico y la evaluación de riesgos asociados a inundaciones y erosión en el cantón (Ramírez et al., 2015) .

## **1.2 Población.**

La comunidad Corazón de Lentag, perteneciente a la parroquia La Asunción del cantón Girón, se ubica dentro de un contexto rural caracterizado por asentamientos dispersos y dinámicas demográficas de crecimiento moderado. En este tipo de comunidades rurales es común la limitada disponibilidad de registros censales específicos a escala local, lo que dificulta la obtención de información poblacional detallada para sectores particulares como la Vía Trozana.

De acuerdo con el Atlas Cantonal de Girón elaborado por el (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Girón & Universidad de Cuenca., 2020) la población del cantón ha presentado una tendencia relativamente estable en las últimas décadas. Los registros censales muestran que en el año 1990 el cantón contaba con 13.191 habitantes, cifra que descendió a 12.583 en el año 2001 y se estabilizó en 12.607 habitantes para el año 2010. Las proyecciones poblacionales al año 2020 estiman aproximadamente 13.037 habitantes, lo que representa un crecimiento cercano al 0,19 % respecto al último censo. Esta variación permite inferir que la parroquia La Asunción y sus comunidades por general del Ecuador presentan crecimientos de manera lenta, por lo que, aplicando parámetros técnicos usuales en zonas rurales del Azuay, se considera una tasa de crecimiento baja para el horizonte de diseño del sistema sanitario.

Esta tendencia demográfica evidencia el crecimiento poblacional que se está dando en el cantón Girón y en sus zonas rurales aledañas caracterizadas por tasas bajas de crecimiento. En consecuencia, para el desarrollo de proyectos como lo es el nuestro de infraestructura sanitaria, es común considerar parámetros de crecimiento moderados dentro del horizonte de diseño, con el fin que estas obras proyectadas puedan cubrir la demanda futura sin generar sobredimensionamientos innecesarios.

En el caso específico de la Vía Trozana, debido a la ausencia de información censal detallada a nivel de comunidad, fue necesario complementar los datos demográficos generales con un levantamiento de información directa en campo, cuyos resultados se presentan y analizan en el Capítulo 2 de este estudio. A partir de dicha información y considerando la disponibilidad de terrenos para futuras edificaciones, se estima que la población del sector podría alcanzar aproximadamente 200 habitantes dentro del horizonte de diseño del proyecto, lo cual constituye un parámetro de referencia para el dimensionamiento del sistema de alcantarillado sanitario propuesto.

### **1.2.1 Sistema de Salud**

El sistema de salud en el cantón Girón está organizado bajo la microred distrital 01D03, que incluye Girón, Santa Isabel, Pucará y San Fernando. En cuanto a atención pública, dispone de diez unidades de salud tipo A, un puesto de salud y una unidad móvil para brindar servicios de primer nivel. A nivel hospitalario, el Hospital Básico “Aída León de Rodríguez Lara” es el principal centro de segundo nivel en el cantón. Desde el punto de vista epidemiológico, el Plan de Desarrollo del cantón reporta que entre las principales enfermedades atendidas están la diarrea, parasitosis intestinal, bronquitis crónica, desnutrición, gastritis, infecciones urinarias, hipertensión, diabetes y anemia. El sistema de salud ha recibido inversiones recientes para mejorar su capacidad: en 2025, el Ministerio de Salud Pública entregó equipos de esterilización para varios centros del primer nivel en el distrito de Girón-Santa Isabel, lo que refuerza la seguridad en la atención al minimizar riesgos de infección. Pese a estas mejoras, existen varios problemas de salud relevantes que afectan tanto la calidad de la atención como el acceso para la población. En primer lugar, hay un déficit importante de personal médico. Según un informe de impacto ambiental, hay aproximadamente un médico por cada 1.800 habitantes, así como muy pocos odontólogos y auxiliares de enfermería, especialmente en zonas rurales, lo que limita el acceso y la continuidad de la atención sanitaria. Además, la infraestructura de salud en áreas rurales es precaria: algunos puestos de salud carecen de insumos, equipamiento adecuado o financiamiento para su funcionamiento, y las condiciones de los caminos dificultan la llegada del personal sanitario a ciertos puntos.

### **1.2.2 Educación**

En el cantón Girón (Azuay, Ecuador), la educación enfrenta varios retos estructurales y pedagógicos. Por un lado, muchas escuelas rurales son “unidocentes”, lo que implica que un solo profesor atiende a todos los grados; esta realidad acarrea una sobrecarga administrativa y educativa, ya que esos docentes también deben asumir tareas no pedagógicas, lo que limita la calidad de enseñanza (Ana Cristina, 2024). Además, durante la pandemia de COVID-19 los estudiantes enfrentaron exclusión por falta de dispositivos o conexión a Internet, y la comunidad educativa reportó que la virtualidad generó incertidumbre, requiriendo capacitación intensiva en tecnologías (Peralta Sánchez, 2022).

### **1.2.3 Actividad Económica**

En el cantón Girón, la economía depende mayoritariamente del sector primario: la agricultura y la ganadería constituyen la principal fuente de empleo, involucrando cerca del 48,17 % de la población económicamente activa (Jiménez Marcatoma, 2017). Además del agropecuario, sectores como la construcción con un 10,78 % y el comercio minorista y mayorista con un 9,44 % también aportan al empleo local, aunque con menor peso. No obstante, esta estructura productiva presenta varios problemas que limitan el desarrollo económico sostenible del cantón. En primer lugar, las actividades agrícolas y ganaderas se desarrollan en su mayoría en forma tradicional, con baja tecnificación, lo que reduce los rendimientos y la competitividad frente a mercados más productivos. Además, la economía del cantón carece de una industria manufacturera consolidada y casi no hay mecanismos para el procesamiento o agregación de valor a los productos agropecuarios, lo que impide que los productores accedan a mejores ingresos o mercados estructurados. Otro problema clave es la alta dependencia de actividades primarias: ante variaciones climáticas, plagas, o fluctuaciones de precios agrícolas, la población que depende del agro queda expuesta a riesgos económicos significativos. Por último y como parte de los esfuerzos locales, aunque se han implementado iniciativas productivas desde la Mesa de Desarrollo Económico Local de Girón, los emprendimientos identificados suelen ser de pequeña escala, familiares o artesanales, lo que limita su capacidad de transformar la economía del cantón de forma estructural (Jiménez Marcatoma, 2017). En conjunto, esto revela que Girón tiene una economía rural con fuerte dependencia del agro y limitadas oportunidades de diversificación, lo que genera vulnerabilidades económicas, baja productividad y escasa posibilidad de crecimiento sostenido.

### **1.3 Infraestructura Existente**

La infraestructura sanitaria existente en el cantón Girón presenta limitaciones significativas, especialmente en lo referente a la recolección y disposición de aguas residuales domésticas. Históricamente, el desarrollo de redes públicas de alcantarillado sanitario se ha concentrado en la cabecera cantonal urbana, mientras que las parroquias y comunidades rurales han dependido principalmente de soluciones individuales para el manejo de sus aguas servidas. Esta situación responde tanto a factores geográficos y de dispersión poblacional como a restricciones técnicas y económicas que han condicionado la expansión de infraestructura sanitaria colectiva.

En la parroquia La Asunción y, particularmente, en la comunidad Corazón de Lentag, no se dispone de un sistema de alcantarillado sanitario público, por lo que la infraestructura existente se limita a sistemas individuales de eliminación de aguas residuales. Esta realidad local se enmarca dentro del comportamiento general del cantón, evidenciado en los diagnósticos oficiales de cobertura de servicios básicos.

### 1.3.1 Sistema de disposición de aguas residuales

Según el *Atlas Cantonal de Girón*, el sistema de tratamiento y disposición de aguas residuales en el cantón se caracteriza por una baja cobertura de red pública de alcantarillado sanitario. De un total de 3 141 viviendas analizadas, únicamente 1 244 viviendas, equivalentes al 39,60 %, se encuentran conectadas a la red pública de alcantarillado. En contraste, 656 viviendas (20,9 %) utilizan pozos sépticos, 498 viviendas (15,9 %) no cuentan con ningún sistema de tratamiento de aguas residuales y 743 viviendas emplean otros métodos de eliminación como tal se lo resume en la Tabla 1-1 (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Girón & Universidad de Cuenca., 2020).

Este predominio de sistemas individuales evidencia una dependencia generalizada de soluciones no centralizadas para la disposición de aguas residuales, especialmente en zonas rurales. En la comunidad Corazón de Lentag, esta situación se replica, ya que la totalidad de las viviendas identificadas durante la visita técnica dispone de pozos sépticos como único medio de tratamiento, lo que confirma la ausencia de infraestructura sanitaria colectiva y refuerza la necesidad de estudios técnicos que permitan planificar un sistema de alcantarillado sanitario adecuado.

Tabla 1-1 Sistema de disposición de aguas residuales.

<b>ELIMINACION DE AGUAS SERVIDAS</b>		
<b>TOTAL</b>	3141	100 %
<b>RED PÚBL. DE ALCANTARILLADO</b>	1244	39.6%
<b>POZO CIEGO</b>	498	15.9%
<b>POZO SÉPTICO</b>	656	20.9%
<b>OTRAS FORMAS</b>	743	23.7%

Fuente: *Atlas Cantonal Girón 2020*

### **1.3.2 Cobertura de alcantarillado sanitario a nivel cantonal y parroquial**

El análisis de la cobertura de alcantarillado sanitario a escala cantonal revela una marcada desigualdad entre el área urbana y las parroquias rurales. De acuerdo con el Atlas Cantonal, la cabecera cantonal urbana alcanza una cobertura del 92,33 % mediante red pública de alcantarillado, mientras que en el resto de parroquias rurales el déficit supera el 84 %, lo que evidencia una carencia estructural de este servicio básico fuera del área urbana (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Girón & Universidad de Cuenca., 2020).

En la parroquia La Asunción, esta limitada cobertura se traduce en la inexistencia de redes públicas de alcantarillado sanitario en la mayoría de sus comunidades, entre ellas Corazón de Lentag. La ausencia de un sistema colectivo obliga a la población a recurrir a soluciones individuales, las cuales, si bien permiten una disposición básica de las aguas residuales, no han sido diseñadas bajo criterios homogéneos ni supervisión técnica integral. Por lo que, el presente proyecto se orienta a generar una base técnica confiable que permita, a futuro, la implementación de infraestructura sanitaria conforme a los lineamientos normativos vigentes.

## **2. Capítulo 2: Recolección de información de campo**

### **2.1 Datos poblacionales de la vía Trozana**

La recopilación de información poblacional para el presente proyecto se realizó a partir de un levantamiento directo en campo mediante la aplicación de encuestas aplicadas a los habitantes de la Vía Trozana, perteneciente a la comunidad Corazón de Lentag. Este proceso se llevó a cabo durante el año 2026 y fue ejecutado por los autores de la presente investigación con el acompañamiento de dirigentes locales y recorridos de campo en la zona de estudio, con el objetivo de obtener información actualizada sobre la cantidad de viviendas, número de habitantes por familia y características generales de ocupación de dichos terrenos.

El levantamiento se realizó mediante visitas casa por casa a lo largo de la vía en estudio, contando con el acompañamiento de los dirigentes comunitarios. En particular, se contó con el apoyo del Lic. Rolando Armijos, coordinador de la zona y enlace entre la universidad y la comunidad, y de la Sra. Carmen Llivipuma, presidenta de la comunidad Corazón de Lentag, quienes facilitaron la coordinación con los moradores y el acceso a la información necesaria para el desarrollo del trabajo de campo.

Según la información otorgada, en la Vía Trozana se identifican actualmente 22 familias asentadas de manera permanente indicado en la Tabla 2-1. Cada núcleo familiar está conformado, en promedio, por entre 4 y 5 personas, lo que permite estimar una población actual aproximada de entre 100 y 120 habitantes que van a ser beneficiadas del estudio de alcantarillado sanitario.

Se constató durante el levantamiento de información aspectos relacionados con las características de las viviendas y el uso del suelo. Se observó que la mayoría de las propiedades cuentan con lotes de dimensiones amplias, destinados principalmente a uso residencial, aunque en algunos casos se desarrollan actividades comerciales complementarias. Además, se identificó la existencia de varios terrenos sin construir dentro del sector, lo cual indica la posibilidad de un crecimiento poblacional futuro a mediano plazo.

En cuanto a los servicios básicos, se constató que las viviendas existentes cuentan con conexión al sistema de agua potable mediante medidor, lo que constituye un factor importante para el análisis del sistema de saneamiento propuesto. Respecto a la disposición de aguas residuales, se verificó que todas las viviendas utilizan sistemas individuales de tratamiento, principalmente pozos

sépticos, los cuales en varios casos presentan limitaciones asociadas al mantenimiento y a su proximidad con quebradas naturales del sector.

La información recopilada mediante encuestas fue complementada con la observación directa durante los recorridos de campo, lo que permitió verificar la ocupación efectiva de las viviendas, las condiciones actuales de saneamiento y la distribución espacial de las propiedades. Los datos obtenidos y resumido en la Tabla 2-2 constituyen una base confiable para la estimación de la población actual y para el posterior desarrollo de los cálculos de diseño del sistema de alcantarillado sanitario propuesto para el sector.

Si bien la ausencia de datos censales oficiales específicos para la Vía Trozana constituye una limitación del estudio, la metodología adoptada basada en información comunitaria validada en campo resulta coherente con el alcance del proyecto, el cual se orienta al diseño técnico de un sistema de alcantarillado sanitario y no a la evaluación social o sanitaria posterior a su ejecución.

*Tabla 2-1 levantamiento poblacional mediante encuestas.*

<b>FAMILIA</b>	<b>NUMERO DE INTEGRANTES DE LA FAMILIA ACTUAL</b>
<b>Familia 1</b>	5
<b>Familia 2</b>	4
<b>Familia 3</b>	6
<b>Familia 4</b>	5
<b>Familia 5</b>	5
<b>Familia 6</b>	6
<b>Familia 7</b>	5
<b>Familia 8</b>	4
<b>Familia 9</b>	3
<b>Familia 10</b>	4
<b>Familia 11</b>	7
<b>Familia 12</b>	3
<b>Familia 13</b>	4
<b>Familia 14</b>	5
<b>Familia 15</b>	3
<b>Familia 16</b>	5
<b>Familia 17</b>	4
<b>Familia 18</b>	4
<b>Familia 19</b>	6
<b>Familia 20</b>	6
<b>Familia 21</b>	2
<b>Familia 22</b>	4
<b>POBLACION TOTAL</b>	<b>100</b>

*Fuente: Elaboración propia (2026)*

Tabla 2-2 Resumen del levantamiento poblacional.

PARAMETRO	VALOR
Número de Familias	22
Promedio Miembros por familia	4.5
Población estimada	100-120
Año de levantamiento	2026
Método	Encuesta casa por casa

Fuente: Elaboración propia (2026)

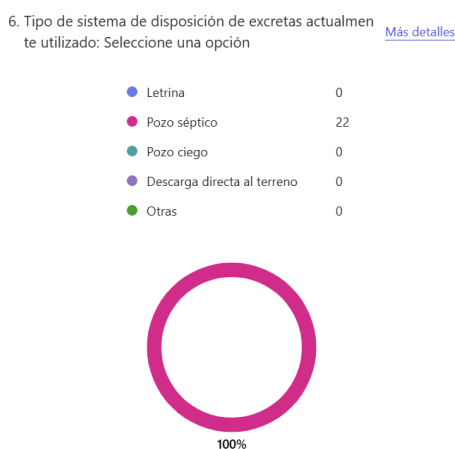
## 2.2 Encuestas beneficiarios de la comunidad

### 2.2.1 Infraestructura sanitaria existente

Durante el levantamiento de encuestas realizado en la comunidad, se obtuvo información directa que permitió caracterizar las condiciones actuales del saneamiento a nivel individual. A partir de este proceso, se identificó que el sistema predominante utilizado por los beneficiarios corresponde a pozos sépticos individuales.

Los resultados que se muestran en la Figura 2-1 evidencian que el 100 % de las familias encuestadas emplean el uso de estos sistemas, lo cual refleja la ausencia de un sistema de alcantarillado sanitario en el sector. Si bien los pozos sépticos constituyen una alternativa común en zonas rurales, su funcionamiento adecuado depende de condiciones técnicas específicas y de un mantenimiento periódico, aspectos que, según lo observado durante las visitas de campo, no siempre se cumplen de manera adecuada.

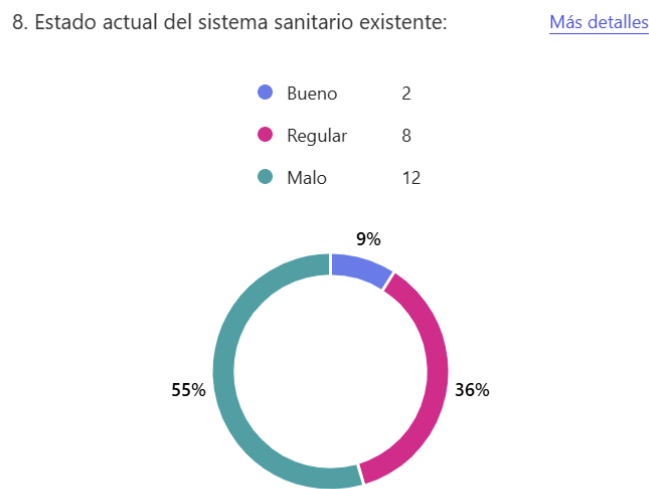
Figura 2-1 Tipo de sistema de disposición de excretas en la comunidad



Fuente: Elaboración propia (2026).

En cuanto al estado del sistema sanitario existente demostrado en la Figura 2-2, se observa que el 55 % de los encuestados califica su sistema como “malo”, seguido de un 36 % que lo considera “regular” y apenas un 9 % que lo identifica como “bueno”. Estos resultados evidencian que la mayoría de las soluciones actuales no se encuentran en condiciones óptimas de funcionamiento, lo que puede generar riesgos sanitarios significativos como ambientales, especialmente en la comunidad.

Figura 2-2 Percepción del sistema sanitario



Fuente: Elaboración propia (2026).

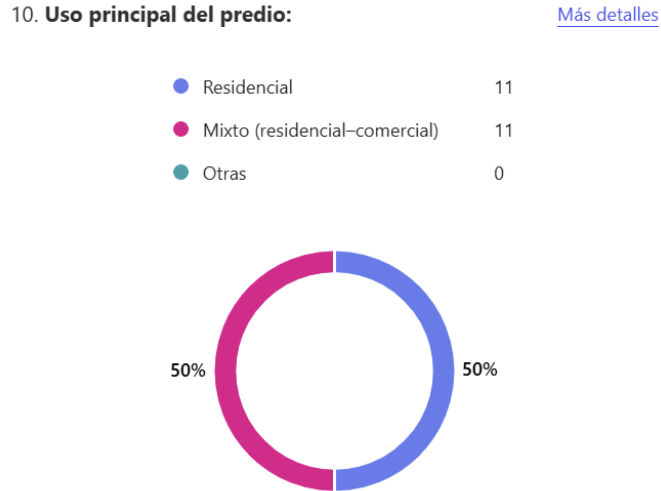
### 2.2.2 Condiciones del predio

La información recopilada mediante el uso de encuestas en la permitió determinar las condiciones del uso de suelo en los predios de la comunidad. Se identificó que los lotes presentan áreas que rondan los 2500 m<sup>2</sup>, lo cual evidencia una configuración espacial propia de las zonas rurales, con disponibilidad de espacio para múltiples actividades dentro de una misma propiedad.

En cuanto al uso del suelo, los resultados determinados en la Figura 2-3 muestran una distribución equilibrada: el 50 % de los predios se destina exclusivamente a uso doméstico, mientras que el 50 % restante presenta un uso mixto, combinando actividades residenciales con fines económicos. Esta condición refleja una dinámica productiva a pequeña escala, donde las viviendas no solo

cumplen una función habitacional, sino también generan actividades complementarias que pueden influir en la generación de aguas residuales demostrándose en su consumo de agua.

Figura 2-3 Usos principales del predio



Fuente: Elaboración propia (2026).

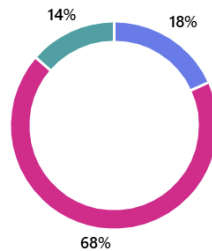
### 2.2.3 Condiciones socioeconómicas

La información obtenida en nuestra recopilación de datos y representada en la Figura 2-4, permitió caracterizar también las condiciones socioeconómicas de los hogares de la comunidad. En relación con el ingreso económico mensual, se logró determinar que el 68 % de los hogares pueden percibir ingresos entre uno y dos salarios básicos, mientras que un 18 % se encuentra por debajo de un salario básico y únicamente un 14 % supera los dos salarios básicos. Estos resultados evidencian que la mayoría de la población dispone de ingresos limitados, siendo representativo en la economía local que se basa en actividades como la agricultura, el turismo y otras labores de carácter informal o estacional.

Figura 2-4 Ingreso económico mensual.

13. Ingreso económico mensual total del hogar (suma de todos los miembros): [Más detalles](#)

● Menor a 1 salario básico	4
● Entre 1 y 2 salarios básicos	15
● Mayor a 2 salarios básicos	3



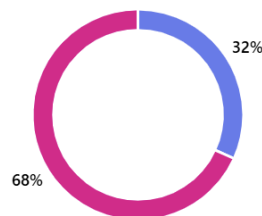
Fuente: Elaboración propia (2026).

Por otra parte, en el análisis económico familiar registrado en la Figura 2-5, se muestra que el 68% de las familias cuenta con entre dos y tres miembros económicamente activos, mientras que el 32% dispone de un solo receptor de ingresos, sin registrarse que en un hogar exista más de tres personas generadoras de ingresos familiares, a pesar de existir más de un aporte en la mayoría de hogares, los niveles de ingreso no son elevados.

Figura 2-5 Número de personas que registran ingresos.

14. Número de personas que generan ingresos en el hogar: [Más detalles](#)

● Solo 1 Persona	7
● De 2 - 3 Personas	15
● Mas De 3 Personas	0



Fuente: Elaboración propia (2026).

En conjunto, estos resultados permiten evidenciar que la comunidad presenta condiciones socioeconómicas limitadas, lo cual constituye un factor relevante en la planificación de proyectos de saneamiento, ya que influye directamente en la capacidad de pago, sostenibilidad del sistema y aceptación de soluciones técnicas propuestas.

### 2.2.4 Condiciones de salud

Mediante encuestas y registrado en Figura 2-6 se recopiló información donde se analizaron las condiciones de salud de la población en relación con el acceso a servicios médicos. Se determinó que el 91% de los hogares acude entre dos y tres veces al año a un centro de salud, mientras que un 9% reporta asistir más de tres veces al año, sin registrarse casos de familias que no acudan a estos servicios, Esta recurrencia en la atención médica refleja la existencia de condiciones de salud que requieren seguimiento, lo cual puede estar influenciado por factores asociados al entorno sanitario en el que se desarrolla la población.

Figura 2-6 Promedio de visitas médicas anuales.

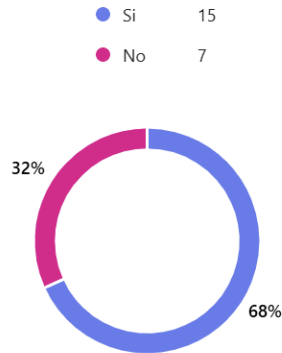


Fuente: Elaboración propia (2026).

En relación con la presencia de enfermedades gastrointestinales, el 68 % de los hogares encuestados reportó haber presentado este tipo de afecciones durante el último año, frente a un 32 % que indicó no haberlas experimentado. Este resultado demostrado en la Figura 2-7 evidencia una incidencia significativa de enfermedades comúnmente relacionadas con deficiencias en el manejo de aguas residuales, disposición sanitaria inadecuada o posibles focos de contaminación en el entorno.

Figura 2-7 Promedio de enfermedades gastrointestinales en la comunidad.

16. ¿Se han presentado enfermedades gastrointestinales frecuentes en el hogar durante el último año? [Más detalles](#)



Fuente: Elaboración propia (2026).

Los resultados obtenidos permiten establecer que las condiciones actuales de saneamiento en la comunidad no solo representan una limitación en términos de infraestructura, sino que también inciden directamente en la salud de la población. Por lo tanto, la implementación de un sistema de alcantarillado sanitario se justifica como una medida necesaria para mejorar las condiciones higiénico-sanitarias, reducir la exposición a agentes contaminantes y contribuir a la prevención de enfermedades de origen hídrico.

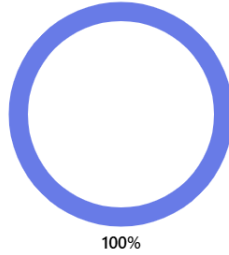
### 2.2.5 Percepción del servicio

Los resultados obtenidos en la Figura 2-8 evidencian que el 100 % de los encuestados considera necesaria la implementación de un sistema de alcantarillado sanitario en la comunidad. Este resultado no se presenta de manera aislada, sino que responde directamente a las condiciones previamente identificadas en el levantamiento de información, donde se determinó el uso generalizado de sistemas individuales de disposición sanitaria, muchos de ellos en estado regular o deficiente, así como la presencia de problemas de salud asociados y limitaciones en el manejo adecuado de aguas residuales. En este sentido, la percepción de la población confirma la existencia de una necesidad real y prioritaria, que sustenta técnicamente la formulación del presente proyecto.

Figura 2-8 Percepción de la necesidad de un sistema sanitario formal.

17. ¿Considera necesaria la implementación de un sistema de alcantarillado sanitario en su comunidad? [Más detalles](#)

● SI 22  
● No 0



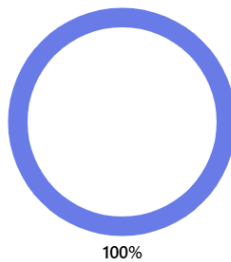
Fuente: Elaboración propia (2026).

En complemento a lo anterior, el 100 % de los encuestados reflejado en la Figura 2-9 manifestó su disposición a conectarse al sistema de alcantarillado sanitario una vez implementado. Este resultado refleja un alto nivel de aceptación social, el cual se encuentra directamente influenciado por las problemáticas existentes en la comunidad, evidenciadas con anterioridad.

Figura 2-9 Disposición de la población para la conexión del sistema.

18. ¿Estaría dispuesto(a) a conectarse y mantener el sistema una vez implementado? [Más detalles](#)

● Si 22  
● No 0



Fuente: Elaboración propia (2026).

### 2.3 Levantamiento topográfico de la zona.

El levantamiento topográfico constituye una etapa clave para el desarrollo del presente proyecto de alcantarillado sanitario, debido a que proporciona la información geométrica y altimétrica necesaria para el trazado de la red, el análisis de pendientes, la definición de cotas y la posterior modelación hidráulica del sistema. Un levantamiento preciso permite reducir errores en las fases de diseño y construcción, optimizando la funcionalidad y la vida útil de la infraestructura proyectada.

El área de estudio corresponde a un tramo de vía ubicado en el sector rural del cantón Girón, con una longitud aproximada de 546 m, que conecta a una comunidad cercana a la cabecera cantonal. En este sector se desarrolló el levantamiento topográfico en forma de faja, abarcando el ancho necesario para representar de manera adecuada tanto la vía como los elementos naturales y artificiales presentes en la zona de influencia directa del proyecto, referencia en la Figura 2-10.

*Figura 2-10 Fotografía aérea de la zona*



*Fuente: Civitech (2026).*

### **2.3.1 Georreferenciación y puntos de control**

Con el fin de garantizar una correcta ubicación espacial del proyecto, se establecieron puntos de control geodésico mediante posicionamiento satelital GNSS, enlazados a la Red GNSS de Monitoreo Continuo del Ecuador (REGME), administrada por el Instituto Geográfico Militar. Esta red proporciona coordenadas de alta precisión referidas al sistema geodésico oficial SIRGAS-Ecuador, basado en el datum WGS84.

Para el proyecto se identificó como estación de referencia la base activa SIEC, a una distancia aproximada de 14 km del área de estudio. De acuerdo con los lineamientos técnicos establecidos por el IGM, el tiempo mínimo de observación GNSS se determinó en función de dicha distancia, aplicando la relación entre tiempo de ocupación y separación a la base activa, lo que permitió obtener soluciones de posicionamiento con precisión centimétrica en las componentes horizontal y vertical (Verdugo, 2026)

La ubicación de los puntos de control se realizó de manera estratégica, priorizando zonas despejadas, libres de obstrucciones físicas como edificaciones, árboles o líneas eléctricas, y garantizando visibilidad entre puntos, lo cual resultó fundamental para los trabajos posteriores con estación total.

### **2.3.2 Metodología del levantamiento topográfico**

Una vez establecidos los puntos de control, se procedió al levantamiento planialtimétrico de la faja topográfica mediante una poligonal abierta, empleando el método de trisección para la determinación de las coordenadas de las estaciones sucesivas. Este método permitió calcular la posición de cada estación a partir de observaciones angulares hacia puntos de control previamente definidos, asegurando la continuidad geométrica del levantamiento a lo largo del corredor vial.

El detalle topográfico se obtuvo mediante radiación directa desde cada estación, registrando puntos característicos del terreno, tales como quiebres de pendiente, bordes de vía, cunetas, taludes, accesos, edificaciones, cerramientos y otros elementos relevantes para el diseño del sistema de alcantarillado. Este procedimiento permitió representar fielmente la morfología real del terreno y las condiciones existentes en el área de intervención.

Para la ejecución de los trabajos de campo se utilizaron equipos topográficos de alta precisión, específicamente un receptor GNSS Trimble R12i y una estación total Trimble M3 DR 2". El uso

combinado de ambos equipos permitió obtener información confiable tanto en zonas abiertas, favorables para el posicionamiento satelital, como en sectores con posibles obstrucciones de señal, donde la estación total garantizó la precisión requerida.

### **2.3.3 Escala y densidad de puntos**

El levantamiento topográfico se desarrolló a una escala de trabajo 1:1000, adecuada para proyectos de diseño de infraestructura sanitaria. Bajo esta escala, se adoptó una densidad de puntos acorde con los criterios técnicos establecidos para garantizar una correcta representación del terreno, levantando puntos cada 15 m aproximadamente, y reduciendo esta distancia en zonas con mayor variación altimétrica o presencia de elementos singulares.

El área total levantada corresponde aproximadamente a 0,35 ha, lo que permitió obtener una superficie topográfica detallada, con curvas de nivel generadas a una equidistancia de 1 m. Esta resolución es suficiente para analizar las pendientes longitudinales y transversales necesarias para el correcto funcionamiento hidráulico del sistema de alcantarillado sanitario.

### **2.3.4 Procesamiento y análisis de la información**

Una vez finalizados los trabajos de campo, la información recolectada fue procesada en gabinete mediante software especializado, específicamente Autodesk Civil 3D. A partir de la libreta de campo se generó la superficie topográfica tridimensional, aplicando líneas de quiebre y ajustes geométricos que permitieron representar de manera fiel la morfología del terreno, como se indica en Figura 2-11.

Posteriormente, se realizó el proceso de georreferenciación definitiva, integrando los puntos GNSS al levantamiento realizado con estación total, lo que permitió transformar el sistema de coordenadas locales a coordenadas UTM, zona 17 Sur, y obtener altitudes referidas al geoide. Este procedimiento asegura que los planos topográficos resultantes sean compatibles con otros estudios técnicos y con los sistemas de información geográfica oficiales.

Del análisis de las curvas de nivel y perfiles longitudinales obtenidos se determinó que el terreno presenta una topografía predominantemente plano-ondulada, con pendientes suaves a moderadas, lo cual no representa restricciones significativas para el diseño del sistema de alcantarillado

sanitario. Estas condiciones permiten un adecuado trazado de la red y facilitan la definición de rasantes que aseguren el correcto escurrimiento de las aguas residuales por gravedad (Verdugo, 2026)

Figura 2-11 Levantamiento Topográfico Procesado



Fuente: Civitech (2026).

## **3. Capítulo 3: Parámetros y criterios de diseño**

### **3.1 Tipos de sistemas de alcantarillado**

La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos define a un sistema de alcantarillado sanitario como una red de recolección diseñada para transportar de aguas residuales domésticas, comerciales e industriales, se puede incluir cantidades limitadas de aguas pluviales y subterráneas no intencionales, estas aguas se conducen hacia una planta de tratamiento para su manejo adecuado (*Desbordamientos de alcantarillado sanitario (SSO) | EPA de EE. UU., 2025*).

La Comisión Nacional del Agua (2009) define a los sistemas de alcantarillado sanitario como una serie de tuberías de grandes diámetros y obras complementarias, necesarias para recibir, conducir, ventilar y evacuar las aguas residuales de la población.

Con base en estas referencias, el alcantarillado sanitario puede definirse como el sistema de conducción de aguas residuales que recolecta exclusivamente descargas provenientes de actividades domésticas, comerciales o industriales, transportándolas de forma segura hacia un sistema de tratamiento previo a su disposición final en un cuerpo receptor autorizado.

#### **3.1.1 Sistemas convencionales y no convencionales**

Los sistemas de alcantarillado se pueden clasificar en convencionales y no convencionales, en función de su configuración hidráulica, criterios de diseño y condiciones de aplicación tales como profundidad de instalación, diámetro de tuberías y nivel de participación comunitaria en su implementación.

De acuerdo con la Organización Panamericana de la Salud (OPS), los sistemas convencionales corresponden a redes de alcantarillado diseñadas bajo criterios tradicionales de ingeniería, con tuberías de diámetros estandarizados, pendientes definidas para flujo por gravedad y profundidades de instalación que permiten conexiones domiciliarias directas. Estos sistemas son comúnmente utilizados en zonas urbanas consolidadas, construidas por lo general en centro de avenidas o calles, permite tener un buen control en conexiones domiciliarias con la red de desagüe del sector hasta la disposición final en la planta de tratamiento (Carrasco et al., 2011).

Los sistemas de alcantarillado no convencionales se clasifican según la forma de tratamiento y disposición final de las aguas residuales. Entre ellos se encuentran el alcantarillado simplificado, que mantiene criterios hidráulicos similares al sistema convencional pero permite reducir diámetros de tubería y distancias entre pozos para disminuir costos; el alcantarillado condominal, diseñado para recolectar las aguas servidas de grupos pequeños de viviendas generalmente en áreas menores a una hectárea y conducir las hacia un colector principal; y el alcantarillado sin arrastre de sólidos o sistema a presión, que incorpora un tanque interceptor en cada vivienda para separar los sólidos antes de transportar el efluente líquido mediante tuberías de menor diámetro.

En este proyecto luego de analizar estos criterios técnicos y características de la zona se ha considerado la implementación de un sistema de alcantarillado sanitario convencional. Esta elección se fundamenta en que el sector presenta condiciones topográficas favorables que permite el transporte de aguas residuales mediante flujo por gravedad, así como una disposición de las viviendas a lo largo de la vía que facilite la conexión directa a la red principal. Además, este tipo de sistema permite un mayor control en la recolección y conducción de las aguas residuales hacia su punto de tratamiento, garantizando condiciones adecuadas de operación y funcionamiento a largo plazo, por todas estas razones se considera la alternativa más adecuada un sistema convencional para el diseño del sistema de alcantarillado sanitario en la Vía Trozana.

### **3.2 Área de aporte**

El área de aporte, también conocida como área tributaria, corresponde al espacio geográfico que contribuye con descargas hacia un tramo específico del sistema de alcantarillado o saneamiento. En términos prácticos, es la superficie dentro de la cual se generan las aguas residuales que serán transportadas por una red determinada, siendo muy importante este análisis para poder tener un criterio de diseño óptimo.

La Norma CO 10.7-602 establece que en el diseño de sistemas rurales deben considerarse las características del terreno, la topografía, la distribución de las viviendas y la configuración del asentamiento, ya que estos factores influyen directamente en el trazado y en la determinación de los caudales que circularán por el sistema (Secretaría del Agua, 2012)

### **3.2.1 Población**

La población corresponde al número actual de habitantes que residen dentro del área de estudio y que serán beneficiarios del sistema proyectado. Este valor constituye la base inicial para el desarrollo de los cálculos demográficos y, posteriormente, para la estimación de la población futura.

La Norma CO 10.7-602 señala que la información poblacional debe sustentarse en datos oficiales confiables, tales como censos nacionales o registros comunitarios debidamente validados, con el fin de garantizar que el diseño esté fundamentado en información verificable (Secretaría del Agua, 2012). Determinar correctamente la población actual es fundamental, ya que cualquier error en este valor se trasladará a los cálculos posteriores y podría afectar el dimensionamiento del sistema.

### **3.2.2 Población de diseño**

La población de diseño es el número de habitantes que se considera para dimensionar técnicamente el sistema durante su período de vida útil. No se limita únicamente a la población actual, sino que incorpora el crecimiento proyectado dentro del horizonte de diseño.

De acuerdo con la Norma CO 10.7-602, las obras deben proyectarse considerando la población futura estimada para el período de diseño establecido, con el objetivo de garantizar que el sistema funcione adecuadamente durante todo ese tiempo (Secretaría del Agua, 2012)

Este criterio permite que la infraestructura tenga la capacidad suficiente para atender las necesidades futuras de la comunidad, evitando ampliaciones prematuras o fallas por subdimensionamiento.

### **3.2.3 Población futura**

La población futura es la estimación del número de habitantes que tendrá la comunidad al finalizar el período de diseño. Para su cálculo, la norma permite aplicar métodos matemáticos de proyección demográfica basados en tasas de crecimiento histórico (Secretaría del Agua, 2012)

Uno de los métodos más utilizados es el método geométrico, cuya expresión se detalla en la (Ecuación 3-1):

$$Pf = Po(1 + r)^n$$

(Ecuación  
3-1)

Donde:

Pf = Población futura en [habitantes]

Po = Población actual en [habitantes]

r = Incremento poblacional anual (expresada en forma decimal) en [habitantes/año]

n = Número de años del período de diseño en [año]

Este modelo asume que la población crece proporcionalmente cada año, lo cual es adecuado cuando la tasa de crecimiento se mantiene relativamente constante en el tiempo.

Con el fin de reducir la incertidumbre asociada a una sola técnica de proyección de población futura y obtener una estimación algo más representativa, en el presente estudio se aplicará tres métodos de proyección poblacional, los cuales son ampliamente utilizados en estudios de ingeniería sanitarias y planificación de sistemas de agua. Estos métodos se basan en análisis de la evolución histórica de la población

Además del método geométrico ya descrito, también, se empleará el método aritmético, el cual asume que la población crece en incrementos absolutos constantes a lo largo del tiempo. Su expresión matemática está definida en la ((Ecuación 3-2):

$$Pf = Po * (1 + r * n)$$

(Ecuación  
3-2)

Donde:

Pf = Población futura

Po = Población actual

r = Incremento poblacional anual (expresada en forma decimal)

n = Número de años del período de diseño

Este método es adecuado cuando el crecimiento poblacional presenta una tendencia lineal y no muestra variaciones significativas en el tiempo (Metcalf & Eddy, 2003)

Adicionalmente, se considerará el método exponencial, el cual supone un crecimiento continuo de la población a una tasa constantes (Ecuación 3-5)

$$Pf = Po * e^{(r*n)} \quad \text{(Ecuación 3-3)}$$

Donde:

Pf = Población futura

Po = Población actual

e = Base de los logaritmos naturales

r = Incremento poblacional anual (expresada en forma decimal)

n = Número de años del período de diseño

La aplicación conjunta de los métodos aritmético, geométrico y exponencial permite comparar los resultados obtenidos y seleccionar un valor de población futura consistente con las condiciones locales y las tendencias históricas de crecimiento. El cálculo de la población futura constituye un aspecto determinante en el diseño del sistema de alcantarillado sanitario, ya que incide directamente en la estimación de los caudales de diseño y en el dimensionamiento adecuado de todos sus componentes; también, el análisis de las tasas de crecimiento permite identificar posibles escenarios de estancamiento o decrecimiento poblacional asociados a factores como la migración, los cuales deben ser considerados para asegurar la coherencia técnica del diseño.

### **3.2.4 Tasa de crecimiento poblacional**

La tasa de crecimiento poblacional constituye un parámetro fundamental en la proyección futura de habitantes y será un eje principal para la determinación de los parámetros iniciales del presente proyecto de alcantarillado sanitario. Este indicador permite representar la variación anual de la población en el área de estudio, influyendo directamente en la estimación de la población de diseño y, en consecuencia, en el dimensionamiento hidráulico del sistema.

Su correcta determinación es esencial, ya que una sobreestimación podría generar sobredimensionamiento de la infraestructura y mayores costos de inversión, mientras que una subestimación comprometería la capacidad del sistema durante su período de vida útil. El análisis

de la tasa de crecimiento permite identificar si la población presenta una tendencia de incremento o decrecimiento, situación que puede estar asociada a factores sociales, económicos o migratorios presentes en la zona de estudio.

De acuerdo con la normativa de la Secretaría del Agua (SENAGUA), en ausencia de información estadística confiable, pueden adoptarse tasas de crecimiento geométrico referenciales según la región geográfica, conforme se indica en la Tabla 3-1.

Tabla 3-1 Tasa de crecimiento poblacional.

Región Geográfica	r (%)
Sierra	1.0
Costa, Oriente y Galápagos	1.5

Fuente: secretaria del Agua "SENAGUA" (2012)

En el caso del presente estudio, debido a que la comunidad Corazón de Lentag y específicamente el sector de la Vía Trozana no dispone de registros históricos detallados de población a escala local, se adopta la tasa de crecimiento poblacional referencial establecida en la normativa técnica correspondiente. La utilización de este parámetro permite contar con un criterio de diseño técnicamente sustentado para la estimación de la población futura dentro del horizonte de diseño del proyecto, garantizando que el sistema de alcantarillado sanitario propuesto tenga la capacidad suficiente para atender la demanda proyectada del sector.

### 3.2.5 Densidad poblacional

La densidad poblacional es un indicador que relaciona el número de habitantes con la superficie del área de estudio. Este parámetro permite comprender cómo se distribuye la población dentro del territorio y es especialmente relevante en proyectos rurales.

Su cálculo se realiza mediante la (Ecuación 3-4):

$$Dp = \frac{P}{A}$$

(Ecuación 3-4)

Donde:

$D_p$  = Densidad poblacional

$P$  = Número de habitantes

$A$  = Área del sector (en hectáreas o  $\text{km}^2$ )

La Norma CO 10.7-602 considera la densidad poblacional como un criterio importante para evaluar la viabilidad técnica y económica del sistema, ya que en zonas con baja densidad puede no resultar conveniente implementar redes convencionales de alcantarillado (Secretaría de Agua, s.f.).

### 3.3 Dotación

La dotación se establece como la cantidad de agua consumida diariamente por habitante y constituye un parámetro esencial en el diseño de sistemas de abastecimiento de agua y, consecuentemente, en la estimación de los caudales residuales para el dimensionamiento del sistema de alcantarillado sanitario. Su determinación debe sustentarse en información técnica vigente y verificable, ya que influye directamente en el cálculo del caudal medio diario, los factores de variación y el caudal de diseño.

En nuestro estudio, la dotación base se determinará a partir de lecturas reales de medidores registradas en planillas de la comunidad, considerando el promedio de consumo correspondiente a los últimos tres meses disponibles indicado en Tabla 3-2. Este procedimiento permite obtener un valor representativo del comportamiento actual de la demanda de consumo de agua, reduciendo el margen de estimaciones teóricas no ajustadas a su realidad local.

De manera complementaria, el valor obtenido será contrastado con lo establecido en la *Norma de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural* (Secretaría del Agua, 2012). Según la

Tabla 3-4, se deberá considerar un nivel de servicio IIb en clima cálido, la dotación referencial corresponde a 100 l/hab·día, asociada a sistemas con conexiones domiciliarias y sistema de alcantarillado sanitario como se indica en la Tabla 3-3 correspondiente a nuestro lugar de estudio para un sistema de alcantarillado sanitario ERL. Este valor normativo servirá como criterio técnico de verificación para evaluar la coherencia del consumo promedio obtenido mediante lecturas de medidor.

En consecuencia, la dotación adoptada para el diseño se definirá a partir del análisis comparativo entre los consumos reales registrados y el valor referencial normativo, garantizando que el parámetro seleccionado sea representativo de las condiciones actuales de la comunidad y técnicamente consistente con la regulación vigente.

*Tabla 3-2 Consumo de la población en los últimos 3 meses.*

<b>FAMILIA</b>	<b>CONSUMO MES 1 (m3)</b>	<b>CONSUMO MES 1 (m3)</b>	<b>CONSUMO MES 1 (m3)</b>	<b>PROMEDIO (m3)</b>
<b>Familia 1</b>	17	19	18	18
<b>Familia 2</b>	13	16	14	14.33
<b>Familia 3</b>	22	21	21	21.33
<b>Familia 4</b>	20	20	18	19.33
<b>Familia 5</b>	17	16	13	15.33
<b>Familia 6</b>	13	15	12	13.33
<b>Familia 7</b>	18	17.5	16	17.16
<b>Familia 8</b>	17	16.5	16.5	16.66
<b>Familia 9</b>	14	12	14	13.33
<b>Familia 10</b>	17	15	18	16.66

<b>Familia 11</b>	21	22	18	20.33
<b>Familia 12</b>	15	16	15	15.33
<b>Familia 13</b>	13	18	15	15.33
<b>Familia 14</b>	18	17.5	18	17.83
<b>Familia 15</b>	10.9	12.5	14	12.4
<b>Familia 16</b>	13	16	17	15.33
<b>Familia 17</b>	15	16	15	15.33
<b>Familia 18</b>	12	16	15	14.33
<b>Familia 19</b>	23	20	15	19.33
<b>Familia 20</b>	15	14	18	15.66
<b>Familia 21</b>	15	18	15	16
<b>Familia 22</b>	18	15	20	17.66

PROMEDIO DE CONSUMO MENSUAL (m3)	16.38
PROMEDIO DE CONSUMO MENSUAL (Lt)	16381.81

Fuente: Elaboración propia (2026)

Luego de la estimación de consumos real podemos obtener un consumo diario debido a nuestra proyección de población con ello obtener nuestra dotación en unidades (lt/hab/día), y saber cuánto consume cada habitante al día.

Tabla 3-3 Niveles de servicio para sistemas de abastecimiento de agua, disposición de excretas y residuos líquidos.

Nivel	Sistema	Descripción
<b>O</b>	AP EE	Sistemas individuales. Diseñar de acuerdo a las disponibilidades técnicas, usos previstos del agua, preferencias y capacidad económica del usuario
<b>Ia</b>	AP EE	Grifos públicos Letrinas sin arrastre de agua
<b>Ib</b>	AP EE	Grifos públicos más unidades de agua para lavado de ropa y baño Letrinas sin arrastre de agua
<b>IIa</b>	AP EE	Conexiones domiciliarias, con un grifo por casa Letrinas con o sin arrastre de agua
<b>IIb</b>	AP ERL	Conexiones domiciliarias, con más de un grifo por casa Sistema de alcantarillado sanitario
Simbología utilizada: AP: Agua potable EE: Eliminación de excretas ERL: Eliminación de residuos líquidos		

Fuente: secretaria del Agua "SENAGUA" (2012)

Tabla 3-4 Dotaciones de agua para los diferentes niveles de servicio.

Niveles de Servicio	Clima Frio (l/Hab*dia)	Clima Cálido (l/Hab*día)
Ia	25	30
Ib	50	65
IIa	60	85
IIb	75	100

Fuente: secretaria del Agua "SENAGUA" (2012)

### 3.4 Tuberías

Existen diversos tipos de tuberías, y su elección depende principalmente del diámetro necesario y del material con el que están fabricadas. En sistemas de alcantarillado sanitario, los materiales más utilizados son el policloruro de vinilo PVC y el hormigón. Para el proyecto de alcantarillado sanitario de alcantarillado sanitario para la Vía Trozana, comunidad Corazón de Lentag, parroquia Asunción del Cantón Girón, provincia del Azuay, se ha previsto utilizar tuberías de PVC. El diámetro se definirá a partir de los resultados obtenidos en los cálculos hidráulicos, procurando siempre que corresponda a diámetros comerciales disponibles.

“El diámetro mínimo de las tuberías de la red de alcantarillado será de 200 mm” (Secretaría del Agua, 2012)

### 3.5 Rugosidad

Para entender cómo se comportará el agua en nuestro diseño, decidimos trabajar con la ecuación de Manning, que es la herramienta clave para calcular qué tan rápido fluye el caudal dependiendo de qué tan "lisa" o "rugosa" sea la superficie de los materiales. Lo interesante aquí es que no es lo mismo que el agua corra sobre un tubo de plástico que sobre un canal de concreto, por lo que seleccionamos cuidadosamente el coeficiente de rugosidad para cada caso. Todos esos valores, que son la base de nuestros cálculos hidráulicos, los organizamos detalladamente en la Tabla 3-5 Tabla de coeficiente de rugosidad de Manning.

Tabla 3-5 Tabla de coeficiente de rugosidad de Manning.

MATERIAL	Coficiente de Manning (n)
Asbesto cemento	0.011
Latón (Brass)	0.011
Moldes de acero	0.011
Cobre	0.011
Metal corrugado	0.022
Hierro galvanizado	0.016
PVC	0.009

Fuente: Bentley Systems (s.f.). *Computer applications in hydraulic engineering (8.ed.)*. Bentley Institute Press.

### 3.6 Pozo de revisión

Los pozos de revisión son elementos clave en los sistemas de alcantarillado sanitario, ya que permiten acceder a la red para realizar labores de inspección, limpieza y mantenimiento. Se colocan en puntos estratégicos, como cambios de dirección, variaciones de pendiente, uniones de tuberías y también en tramos rectos a ciertas distancias. Generalmente están contruidos de hormigón y cuentan con una base, un cuerpo y una tapa de acceso. Su adecuada ubicación y diseño facilitan el mantenimiento del sistema y ayudan a asegurar su buen funcionamiento a lo largo del tiempo.

“La distancia máxima entre dos pozos de revisión depende del diámetro de la tubería que los conecta” (Secretaría del Agua, 2012). En la Tabla 3-6 se puede observar las diferentes distancias:

Tabla 3-6 Distancia máximas entre pozos de revisión.

Diámetro de la tubería (mm)	Distancia máxima entre pozos (m)
Menor a 350	100
400 - 800	150

*Fuente: secretaria del Agua "SENAGUA" (2012)*

### **3.6.1 Profundidad**

Para el proyecto de alcantarillado sanitario en la vía Trozana, comunidad Corazón de Lentag, parroquia La Asunción del cantón Girón, provincia del Azuay, se ha adoptado una profundidad mínima de 1,80 m. Esta decisión se fundamenta principalmente en las condiciones topográficas del terreno, las cuales influyen directamente en la definición de las pendientes y en el correcto funcionamiento hidráulico del sistema. Esta profundidad permite garantizar la protección de la tubería frente a cargas externas, como el tránsito vehicular y las sobrecargas del terreno, reduciendo el riesgo de fallas estructurales. De igual forma, facilita la adecuada conexión de las acometidas domiciliarias, asegurando que las descargas se realicen por gravedad sin generar problemas de flujo o represamientos.

La red de alcantarillado deberá estar localizada por debajo de la red de agua potable, y a una profundidad que garantice su seguridad a las cargas exteriores y que permita descargar libremente las conexiones domiciliarias. (Secretaría del Agua, 2012)

### **3.7 Velocidades**

La velocidad del flujo en los colectores es un parámetro importante en el diseño del sistema de alcantarillado sanitario, ya que permite garantizar el transporte adecuado de las aguas residuales. Si la velocidad es muy baja, pueden producirse depósitos de sólidos dentro de las tuberías; mientras que velocidades muy altas pueden ocasionar desgaste o erosión en el material de la conducción. Las velocidades que se desarrollan en la red dependen principalmente de la pendiente del terreno, del caudal que circula por las tuberías y del material de estas. Por ello, durante el diseño hidráulico se debe verificar que las velocidades se mantengan dentro de los límites establecidos por la normativa vigente.

De acuerdo con la normativa técnica, el escurrimiento hidráulico en los colectores no debe permitir la sedimentación de materia orgánica ni causar erosión en las tuberías. Por esta razón, se establece una velocidad mínima de diseño de 0,45 m/s, mientras que la velocidad máxima depende del material de la tubería y debe cumplir con las especificaciones del fabricante (Secretaría del Agua, s. f.). En el caso de tuberías de PVC, la velocidad máxima recomendada es de 5 m/s.

### **3.8 Pendiente**

La pendiente de los colectores es un aspecto importante en el diseño de los sistemas de alcantarillado sanitario, ya que permite que las aguas residuales se transporten por gravedad a lo largo de la red. Una pendiente adecuada ayuda a que el flujo mantenga la capacidad de arrastrar los sólidos presentes en el agua y evita que se acumulen sedimentos dentro de las tuberías.

Para asegurar estas condiciones, la normativa establece una pendiente mínima del 1 %, valor que permite que los colectores tengan capacidad de autolimpieza. Por otro lado, la pendiente máxima está relacionada con la velocidad del flujo, ya que no debe generar velocidades que puedan causar erosión o afectar el material de la tubería (Secretaría del Agua, 2012).

### **3.9 Determinación del caudal de diseño**

#### **3.9.1 Caudal de diseño**

El caudal de diseño es uno de los parámetros más importantes en el dimensionamiento de los sistemas de alcantarillado sanitario, ya que permite determinar la capacidad hidráulica que deben tener los colectores para transportar adecuadamente las aguas residuales generadas en una población. Este caudal representa el volumen total de agua que circula por la red y que finalmente llega a la planta de tratamiento o al punto de descarga del sistema.

Este caudal está compuesto principalmente por tres contribuciones: las aguas residuales domésticas generadas por la población, el caudal proveniente de infiltraciones hacia los colectores y el caudal asociado a conexiones ilícitas o erróneas, como descargas de aguas pluviales al sistema sanitario (Secretaría del Agua, s. f.). El caudal de diseño puede expresarse mediante la (Ecuación 3-5):

$$Q_d = Q_{AS} + Q_i + Q_{ilic} \quad \text{(Ecuación 3-5)}$$

donde:

- $Q_d$  = Caudal de diseño total
- $Q_{AS}$  = Caudal de aguas residuales domésticas
- $Q_i$  = Caudal de infiltración hacia los colectores
- $Q_{ilic}$  = Caudal proveniente de conexiones ilícitas o erróneas

En aquellos tramos donde el caudal de diseño resulte menor que el caudal de descarga de un inodoro, se adopta el valor recomendado de 2,2 L/s como caudal mínimo de cálculo.

### 3.9.2 Caudal de aguas residuales

El caudal de aguas residuales representa el volumen de agua que, luego de ser utilizada en las actividades diarias de la población, como el uso doméstico, comercial o institucional, es descargado hacia el sistema de alcantarillado sanitario. Este caudal constituye uno de los componentes principales para el diseño de los colectores, ya que refleja el aporte directo generado por los habitantes que utilizan el sistema.

Para estimar este caudal se consideran varios factores, entre ellos la población que aporta al sistema, la cantidad de agua potable consumida por habitante y un coeficiente que indica qué proporción de esa agua consumida se convierte realmente en agua residual. Además, se incorpora un factor que permite considerar las variaciones del caudal que se presentan durante las horas de mayor uso del sistema.

El caudal de aguas residuales se puede calcular mediante la (Ecuación 3-6):

$$Q_{AS} = \frac{R * P * D * M}{86400} \quad \text{(Ecuación 3-6)}$$

donde:

QAS = Caudal de aguas residuales

P = Población que contribuye al sistema

D = Dotación per cápita de consumo de agua potable

R = Coeficiente de aporte de aguas residuales

M = Factor de mayoración o factor de pico

El coeficiente de aporte de aguas residuales R representa la fracción del agua potable consumida que finalmente ingresa al sistema de alcantarillado. En muchos diseños se adopta un valor de 0,8, lo que significa que aproximadamente el 80 % del agua consumida por la población termina como descarga hacia la red sanitaria.

El factor de mayoración M permite considerar los incrementos del caudal que ocurren en determinados momentos del día, especialmente durante las horas de mayor consumo de agua. Este factor se calcula mediante la (Ecuación 3-7), cabe recalcar que si  $Q_{as} < 4$  lt/s se asumirá un factor de mayoración con valor directo a 4 (Metcalf & Eddy, 1995).

$$M = \frac{2.228}{Q^{0.073325}} \quad \text{(Ecuación 3-7)}$$

Q: caudal expresado en m<sup>3</sup>/s.

### 3.9.3 Caudal de infiltración

El caudal de infiltración se define como el volumen de agua de subsuelo que puede penetrar en una red de alcantarillado sanitario de manera no intensional ya sea por alguna tubería defectuosa, conexiones entre tramos, material poroso, pozos de revisión y otros elementos de la red. Este aporte adicional de agua no proviene de consumo doméstico, sino principalmente de la interacción de la infraestructura y el nivel freático del terreno donde se encuentra instalada la red.

La infiltración constituye un componente importante dentro del cálculo total de diseño, debido a que incrementa el volumen de agua que será transportada, estos valores de infiltración expresados en función de longitud de red o del área servida. En el caso de proyectos de alcantarillado de zonas rurales y urbanas de América Latina, se utilizan coeficientes de infiltración basados en experiencia de diseño y recomendaciones de literaturas especializadas en ingeniería sanitaria.

El caudal de infiltración se estima aplicando un factor de 1 lt/seg/km que se puede determinar mediante la (Ecuación 3-8), este es valor adoptado a partir de los criterios establecidos en el Plan Maestro de Agua Potable y Alcantarillado de Cuenca (ETAPA-EP, 2012)

En cualquier caso, la estimación de los caudales de infiltración será plenamente justificados por el proyectista. (Secretaría del Agua, 2012)

$$Q_{inf} = \frac{\text{Longitud Tramo (m)} * 1 \frac{\text{lt}}{\text{seg km}}}{1000} \quad (\text{Ecuación 3-8})$$

### 3.9.4 Caudal de aguas ilícitas

El caudal de aguas ilícitas se denomina como el volumen de agua que considera la aportación de flujos que no forman parte de una descarga normal; estos corresponden a conexiones clandestinas o ilegales de aguas lluvias, así como al ingreso a través de pozos de revisión, techos, drenajes y otras fuentes.

Este tipo de caudal representa un aporte adicional que puede llegar a afectar el funcionamiento hidráulico del sistema de alcantarillado sanitario y se lo puede calcular a partir de la (Ecuación 3-9).

Por recomendación del Plan Maestro de Agua Potable y Alcantarillado, se adoptará un valor constante de 80 L/Hab/día para el factor de conexiones ilícitas (ETAPA-EP, 2012)

$$Q_{ilic} = \frac{Pf * i}{86400} \quad \text{(Ecuación 3-9)}$$

donde:

$Q_{ilic}$  = Caudal de aguas ilícitas (l/s)

Pf = Población futura (Hab)

i = Factor de conexión de aguas ilícitas (l/Hab/día)

### 3.10 Hidráulica de alcantarillas

En las redes de alcantarillado se recomienda que los conductos se diseñen con suficiente capacidad para trabajar con superficie libre ante la ocurrencia del gasto máximo. Sin embargo, en ocasiones trabajan a presión por obstrucciones, hundimientos y en casos especiales como sifones, cruces o en lugares donde las condiciones características del sitio obligan a este funcionamiento. (Comisión Nacional Del Agua [CONAGUA], 2009)

#### 3.10.1 Flujo de tubería llena

En la red de atarjeas, el flujo dentro de las tuberías debe presentarse únicamente en condición de superficie libre. Para simplificar el diseño, se considera que el flujo se encuentra en condiciones establecidas o permanentes. En este caso, el comportamiento del escurrimiento continuo permanente se describe mediante la ecuación de continuidad (Ecuación 3-10) .

$$Q = V(A) \quad \text{(Ecuación 3-10)}$$

Donde,.

Q = Gasto, en m<sup>3</sup> /s

V = Velocidad, en m/s

A = Área transversal del flujo en, m<sup>2</sup>

Para el cálculo hidráulico del alcantarillado se utiliza la ecuación de Manning indicada en (Ecuación 3-11):

$$V = \frac{R_h^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}}{n} \quad \text{(Ecuación 3-11)}$$

Donde,

V = Velocidad, en m/s

Rh = Radio hidráulico, en m

S = Pendiente del gradiente hidráulico, adimensional

n = Coeficiente de “fricción”, adimensional

El radio hidráulico se calcula con la (Ecuación 3-12) :

$$R_h = \frac{A}{P_m} \quad \text{(Ecuación 3-12)}$$

Donde,

A = Área transversal del flujo, en m<sup>2</sup>

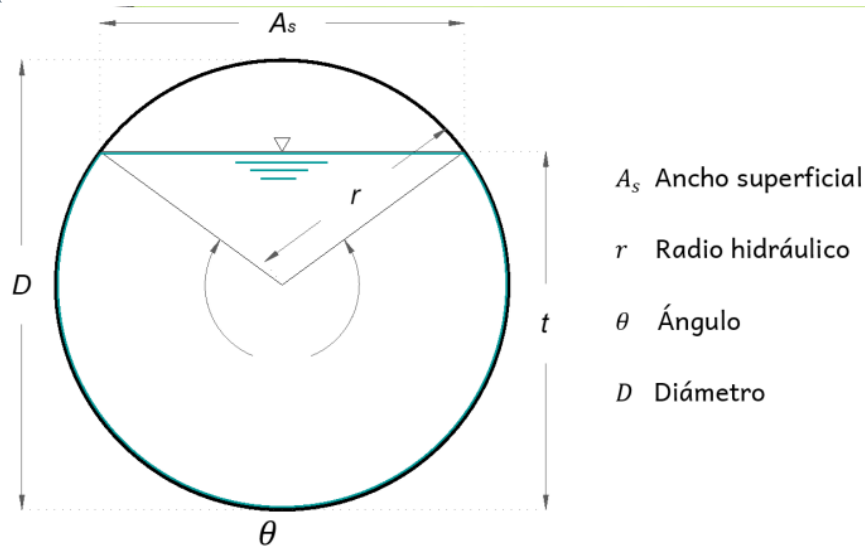
Pm = Perímetro mojado, en m

Según la Comisión Nacional Del Agua (CONAGUA, 2009) el coeficiente de rugosidad de Manning depende únicamente del material del tubo en secciones constantes, siendo la determinación del factor de fricción un proceso enteramente empírico, cuya principal dificultad es lograr flujo uniforme desarrollado en condiciones de campo o laboratorio.

### 3.10.2 Flujo de tubería parcialmente llena

La Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (ETAPA-EP, 2012) establece que el régimen de flujo a sección parcialmente llena es la condición operativa predominante en los sistemas de alcantarillado sanitario, en la cual la tubería transporta el caudal con superficie libre. Los cálculos hidráulicos se realizan en función del tirante de agua, adoptándose como límite máximo de diseño una relación calada/diámetro ( $y/D$ ) del 75%, garantizando así la ventilación del sistema y un margen de seguridad frente a incrementos imprevistos de caudal.

Figura 3-1 Flujo parcialmente llena



Fuente: Hidráulica Termo Plus S.A de C.V. (2023).

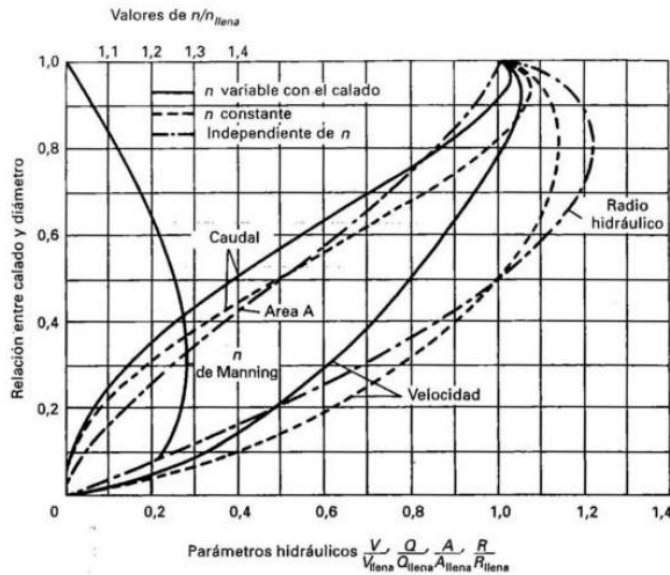
### 3.10.3 Relaciones hidráulicas

Para el análisis hidráulico de tuberías que operan a sección parcialmente llena, se establecen relaciones adimensionales entre los parámetros de la sección parcialmente llena y los correspondientes a la sección a tubo lleno, lo que permite determinar de manera eficiente la velocidad, el área, el caudal, el perímetro mojado y el radio hidráulico del flujo real. Las principales relaciones hidráulicas empleadas son  $q/Q$ ,  $v/V$  e  $y/D$ .

La relación  $q/Q$  se obtiene dividiendo el caudal de diseño de cada tramo entre el caudal a tubo lleno calculado mediante la ecuación de Manning. A partir de este valor, se determina la relación  $v/V$ , que expresa el cociente entre la velocidad de diseño y la velocidad a sección llena obtenida

con la misma expresión. Finalmente, mediante las curvas de propiedades hidráulicas para flujo a superficie libre en tuberías circulares, es posible determinar las relaciones de velocidad, el radio hidráulico y la profundidad del tirante de agua correspondientes al caudal de diseño de cada tramo de la red (Comisión Nacional Del Agua [CONAGUA], 2009)

Figura 3-2 Relaciones entre flujos de parcialmente llena y llena



Fuente: Metcalf and Eddy. Inc. Ingeniería de aguas residuales redes de alcantarillado y bombeo (1995).

Figura 3-3 Relaciones entre flujos de parcialmente llena y llena

q/Q	v/V	d/D	t/T	q/Q	v/V	d/D	t/T	q/Q	v/V	d/D	t/T	q/Q	v/V	d/D	t/T
0.00	0.000	0.000	0.000	0.27	0.716	0.403	0.862	0.53	0.877	0.582	1.093	0.79	0.981	0.751	1.207
0.01	0.290	0.076	0.195	0.28	0.724	0.411	0.874	0.54	0.882	0.589	1.100	0.80	0.984	0.758	1.209
0.02	0.344	0.108	0.273	0.29	0.732	0.418	0.885	0.55	0.887	0.595	1.106	0.81	0.988	0.764	1.211
0.03	0.386	0.131	0.328	0.30	0.739	0.426	0.897	0.56	0.891	0.602	1.112	0.82	0.991	0.771	1.213
0.04	0.419	0.152	0.375	0.31	0.747	0.433	0.908	0.57	0.896	0.608	1.118	0.83	0.994	0.778	1.214
0.05	0.445	0.169	0.415	0.32	0.754	0.440	0.918	0.58	0.900	0.614	1.124	0.84	0.997	0.785	1.215
0.06	0.468	0.186	0.452	0.33	0.761	0.448	0.929	0.59	0.904	0.621	1.129	0.85	1.000	0.792	1.216
0.08	0.506	0.215	0.515	0.34	0.768	0.455	0.939	0.60	0.909	0.627	1.135	0.86	1.003	0.800	1.217
0.09	0.523	0.228	0.542	0.35	0.775	0.462	0.949	0.61	0.913	0.634	1.140	0.87	1.007	0.806	1.217
0.10	0.539	0.241	0.568	0.36	0.782	0.469	0.959	0.62	0.917	0.640	1.145	0.88	1.012	0.812	1.217
0.11	0.553	0.253	0.592	0.37	0.788	0.476	0.968	0.63	0.921	0.646	1.150	0.89	1.016	0.818	1.217
0.12	0.567	0.265	0.615	0.38	0.795	0.483	0.978	0.64	0.925	0.653	1.155	0.90	1.020	0.825	1.217
0.13	0.579	0.276	0.637	0.39	0.801	0.490	0.987	0.65	0.929	0.659	1.159	0.91	1.024	0.831	1.216
0.14	0.591	0.287	0.658	0.40	0.807	0.497	0.996	0.66	0.933	0.666	1.164	0.92	1.028	0.838	1.215
0.15	0.602	0.297	0.678	0.41	0.813	0.503	1.004	0.67	0.937	0.672	1.168	0.93	1.032	0.845	1.214
0.16	0.614	0.307	0.697	0.42	0.819	0.510	1.013	0.68	0.941	0.679	1.173	0.94	1.036	0.852	1.213
0.17	0.625	0.317	0.715	0.43	0.825	0.517	1.021	0.69	0.944	0.689	1.177	0.95	1.040	0.859	1.211
0.18	0.636	0.326	0.732	0.44	0.830	0.523	1.029	0.70	0.948	0.692	1.181	0.96	1.043	0.866	1.209
0.19	0.646	0.335	0.748	0.45	0.836	0.530	1.037	0.71	0.951	0.699	1.184	0.97	1.047	0.874	1.206
0.20	0.656	0.344	0.764	0.46	0.841	0.537	1.045	0.72	0.955	0.705	1.188	0.98	1.050	0.881	1.202
0.21	0.665	0.353	0.779	0.47	0.847	0.543	1.052	0.73	0.959	0.712	1.191	0.99	1.053	0.890	1.198
0.22	0.674	0.362	0.794	0.48	0.852	0.550	1.059	0.74	0.963	0.718	1.194	1.00	1.056	0.898	1.193
0.23	0.683	0.370	0.809	0.49	0.857	0.556	1.067	0.75	0.967	0.724	1.197	1.01	1.059	0.908	1.187
0.24	0.692	0.379	0.822	0.50	0.862	0.563	1.074	0.76	0.970	0.731	1.200	1.02	1.061	0.918	1.179
0.25	0.700	0.387	0.836	0.51	0.857	0.569	1.080	0.77	0.974	0.738	1.202	1.03	1.063	0.930	1.168
0.26	0.708	0.395	0.849	0.52	0.872	0.576	1.087	0.78	0.977	0.744	1.205				

Fuente: Metcalf and Eddy. Inc. Ingeniería de aguas residuales redes de alcantarillado y bombeo (1995).

## **4. Capítulo 4: Planta de tratamiento de aguas residuales**

### **4.1. Caracterización de las aguas residuales**

#### **4.1.1 Descripción general**

La caracterización de aguas residuales compone el punto de partida fundamental para el diseño y selección de cualquier sistema de tratamiento, ya que permite identificar la naturaleza y concentración de contaminantes presentes en el efluente. Las aguas residuales domésticas presentan una composición variable con características fisicoquímicas y biológicas alteradas, cuyos principales constituyentes incluyen sólidos suspendidos totales, compuestos orgánicos desagradables, nutrientes y contaminantes orgánicos prioritarios (Osorio Rivera et al., 2021)

Para que la caracterización sea técnicamente válida, los parámetros evaluados deben abarcar tres grupos tanto físico, químico y biológico. Cada grupo aporta información complementaria sobre el estado del efluente directamente con procesos de tratamiento requeridos (Metcalf & Eddy, 2003)

En cuanto a la comunidad Corazón de Lentag, ubicada en la vía Trozana del cantón Giron que se desarrolla en este texto, las aguas residuales son de origen estrictamente domésticos provenientes de actividades cotidianas como el uso común de servicios higiénicos, cocinas y duchas. Si bien una parte de los predios tiene actividades económicas de ganadería, estas representan una contribución menor a la generación del efluente. Esta condición define un espectro de contaminantes predominantemente orgánicos y microbiológicos, orientando así la selección de la tecnología de tratamiento más adecuada para la escala y condiciones de la comunidad.

#### **4.1.2 Parámetros físicos para la caracterización de las aguas residuales**

##### **Olor**

Uno de los indicadores de la presencia de agua residual. Este fenómeno se origina por los gases liberados durante la descomposición de la materia orgánica. El agua residual doméstica presenta un olor característico atribuible al sulfuro de hidrógeno  $H_2S$ , compuesto que resulta del proceso de reducción de sulfatos a sulfitos bajo la acción de microorganismos anaerobios. La medición y caracterización de los olores se evalúa a partir de cuatro factores principales: el carácter, la detectabilidad, la sensación y la intensidad (Osorio Rivera et al., 2021).

## **Temperatura**

Presentan valores más elevados en comparación con las aguas no contaminadas. Esto se debe principalmente a la intensa actividad bioquímica de los microorganismos presentes, así como a los aportes de aguas calientes provenientes de los usos domésticos. Participa directamente sobre el desarrollo de la vida acuática en los cuerpos receptores, dado que el oxígeno disuelto es menos soluble en agua a temperaturas más elevadas (Osorio Rivera et al., 2021)

## **Densidad**

Se define como la masa por unidad de volumen, se expresa en unidades de  $\text{kg/m}^3$  o  $\text{g/cm}^3$ . Como medida alternativa, se emplea el peso específico, obtenido a partir del cociente entre la densidad del agua residual y la densidad del agua pura. Este valor que depende significativamente de la temperatura y de la concentración total de sólidos presentes en el efluente (Osorio Rivera et al., 2021)

## **Turbiedad**

Indica la calidad del agua residual vertida, mediante la evaluación del material coloidal y residual en suspensión. Su medición se realiza a través de métodos físicos prácticos, basados en la comparación entre la intensidad de luz dispersada por la muestra y la intensidad de luz registrada por una suspensión de referencia. La materia coloidal suspendida absorbe la luz e impide su transmisión. Existe una variabilidad proporcional entre la turbiedad y la concentración de sólidos en suspensión del agua residual (Osorio Rivera et al., 2021).

## **Contenido de Sólidos**

Está representado por las partículas visibles y coloidales presentes en la masa del efluente. Dicho contenido está conformado por materia orgánica, se incluyen carbohidratos, celulosa, partículas de fibra y quitina, así como por sustancias químicas inorgánicas. Este parámetro se clasifica en función del tamaño, estado y características de las partículas (Osorio Rivera et al., 2021).

## **Sólidos Totales**

Residuos que permanecen en la muestra luego de que esta ha sido sometida a un proceso de evaporación y secado a una temperatura de  $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Esto durante un período de 24 horas en condiciones de calor seco. Este ensayo permite cuantificar la totalidad del material sólido, tanto

orgánico como inorgánico, presente en el efluente. Constituyendo uno de los indicadores más representativos de la carga contaminante del agua residual doméstica (Osorio Rivera et al., 2021).

### **Color**

Existe la presencia de sólidos suspendidos, una coloración verdosa, esto es un indicativo de la presencia de sustancias coloidales y disueltas. Este parámetro tiene valor diagnóstico, ya que permite inferir visualmente el origen de los contaminantes presentes, tales como colorantes industriales, ácidos húmicos y fúlvicos, taninos y otros compuestos descargados en el sistema de alcantarillado. El color permite estimar las condiciones generales en que se encuentra el agua residual (Osorio Rivera et al., 2021).

### **Distribución de Partículas según el Tamaño**

Se clasifican según su tamaño en cuatro categorías: sustancias disueltas ( $< 0,08 \mu\text{m}$ ), partículas coloidales ( $0,08 - 1,0 \mu\text{m}$ ), partículas supra coloidales ( $1 - 100 \mu\text{m}$ ) y partículas sedimentables ( $> 100 \mu\text{m}$ ). Esta clasificación es de gran utilidad para la selección del proceso de tratamiento más apropiado, ya que cada fracción requiere mecanismos de remoción diferenciados (Osorio Rivera et al., 2021).

### **pH**

Es el indicador del grado de acidez o alcalinidad del agua, determinado por la concentración de iones hidrógeno presentes en la solución. Sus valores oscilan en una escala de 0 a 14, siendo el valor de 7 el punto de neutralidad. Permite conocer el grado de acidificación del efluente y condiciona el correcto funcionamiento de los procesos biológicos y químicos empleados en la depuración (Osorio Rivera et al., 2021).

#### **4.1.3 Parámetros químicos para la caracterización de las aguas residuales**

Los parámetros químicos permiten cuantificar la carga contaminante del efluente y constituye la base técnica para el dimensionamiento de los procesos de tratamiento, Su evaluación es indispensable verificar el cumplimiento de los límites permisibles, siempre que el efluente tratado cumpla con los parámetros de calidad establecidos en la norma.(Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2015)

**Acidez:** La acidez del agua es su capacidad para neutralizar bases, y en el contexto de las aguas residuales domésticas se origina principalmente por la disolución del dióxido de carbono atmosférico en el efluente y por los procesos de oxidación biológica de la materia orgánica que ocurren dentro del sistema de recolección. Su efecto más relevante desde el punto de vista operativo es la acción corrosiva que ejerce sobre las tuberías y estructuras metálicas del sistema de alcantarillado, así como el deterioro que puede ocasionar sobre la flora y fauna del suelo receptor si el efluente no recibe el tratamiento adecuado previo a su disposición final (Jiménez, 2000)

**Ácido sulfhídrico:** Es un producto de la descomposición anaerobia de las aguas residuales, la corrosión de las alcantarillas, está, relacionada con la producción de H<sub>2</sub>S o con la cantidad de H<sub>2</sub>S en la atmósfera; al exponer el agua residual a la atmósfera desprende H<sub>2</sub>S y se detecta un claro olor ofensivo a huevo podrido (Romero Rojas, 1999).

**Alcalinidad:** la alcalinidad del agua es una medida de su capacidad de neutralizar ácidos, las aguas residuales domésticas son generalmente alcalinas, concentraciones de 50 – 200 mg/L-CaCO<sub>3</sub> son comunes. La alcalinidad puede generarse por hidróxidos, carbohidratos y bicarbonatos de elementos como el calcio, magnesio, sodio, potasio o de amonio, siendo la causa más común los bicarbonatos de calcio y magnesio (Romero Rojas, 1999).

#### **4.1.4 Parámetros microbiológicos para la caracterización de las aguas residual**

Uno de los aspectos que más preocupa desde el punto de vista sanitario es su contenido microbiológico. El agua puede convertirse en un vehículo de transmisión de enfermedades entéricas al entrar en contacto con desechos humanos o animales, siendo los excrementos la principal fuente de patógenos entéricos.

##### **Las Bacterias**

Las bacterias son organismos unicelulares de formas diversas como cocos, bacilos y espirilos. Colonizan el tracto gastrointestinal humano y son eliminadas a través de la materia fecal. Al ingresar al ambiente acuático, su capacidad de reproducción y supervivencia se torna limitada. Para que una bacteria sea considerada indicadora de contaminación fecal debe ser parte de la flora intestinal normal, presentarse en número elevado, ser fácil de identificar y no ser patógena (Delgadillo et al., 2010).

## **Coliformes**

Los coliformes son bacterias presentes en el suelo, plantas y en el tracto intestinal de animales y humanos, utilizadas como indicadores de contaminación fecal. Cada persona evacúa entre 100.000 y 400.000 millones de coliformes por gramo de heces. Se clasifica en dos grupos: los coliformes totales, que incluyen bacterias que pueden reproducirse fuera del intestino bajo condiciones favorables de temperatura, pH y materia orgánica; y los coliformes fecales, subgrupo más específico que tolera temperaturas de hasta 44,5 °C por su adaptación al interior del organismo. Entre el 90% y el 100% de los coliformes fecales en heces humanas corresponden a *Escherichia coli* (*E. coli*), reconocida como el mejor indicador de contaminación fecal (Delgadillo et al., 2010).

## **Streptococos**

Los estreptococos fecales son bacterias anaerobias o aerobias facultativas, integrantes de la flora normal de los animales de sangre caliente. Pertenecen al género enterococos y destacan por su alta tolerancia a condiciones desfavorables como temperaturas extremas, deshidratación, salinidad y exposición solar (Delgadillo et al., 2010).

## **Virus**

Los virus solo están presentes en individuos. Se conocen más de mil tipos excretados por las heces, agrupados en enterovirus, virus de hepatitis y virus de gastroenteritis. Su tamaño reducido les permite desplazarse grandes distancias en el suelo y en cuerpos de agua, sin multiplicarse fuera del huésped (Delgadillo et al., 2010).

## **Parásitos**

Los parásitos microscópicos se dividen en dos grupos. Los protozoos son organismos unicelulares que forman quistes resistentes a los sistemas convencionales de tratamiento, representando un riesgo especial para personas con sistemas inmunológicos bajo. Los helmintos nemátodos, tremátodos y cestodos, se caracterizan por su alta persistencia en el ambiente y su capacidad de permanecer en el suelo por largos periodos, siendo potenciales causantes de infección por contacto con agua contaminada. La normativa establece que los parásitos, en cualquiera de sus formas, deben estar presentes en cantidades menores a 1 microorganismo por litro (Delgadillo et al., 2010).

En la Tabla 4-1, Se presentan los diferentes microorganismos existentes en las aguas residuales y sus características epidemiológicas más importantes, incluyendo las ambientales

Tabla 4-1 Características epidemiológicas de los patógenos excretados.

Microorganismos	Tamaño (mm)	Persistencia en el Medio Ambiente (20 - 30°C)	Resistencia a la desinfección con Cloro	Multiplicación fuera del huésped Humano
Bacterias	0,001 - 0,005	1 - 3 meses	No	No
Protozoos	0,005 - 0,01	< 30 días	Si	No
Virus	0,00001 - 0,0003	Meses	Si	No
Helmitas				Si

Fuente: Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales (Delgadillo et al., 2010)

#### 4.1.5 Medida de concentración de contaminantes en aguas residuales

Los contaminantes presentes en las aguas residuales constituyen normalmente una mezcla compleja de organismos tanto orgánicos como inorgánicos. Dado que conocer con exactitud esta composición específica del efluente que ingresa a la planta de tratamiento resultaría laboriosa, por lo que se han desarrollado métodos empíricos para evaluar la concentración de los contaminantes cuya aplicación no requiere de un conocimiento completo de cada uno, para este método analítico los contaminantes pueden clasificarse en dos grupos principales que se explica a continuación:

Grupo 1. Métodos de evaluación para la demanda de oxígeno:

- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5). Es la cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para oxidar la materia orgánica biodegradable en condiciones aerobias. Se cuantifica a 20 °C durante cinco días de incubación y se expresa en mg/L O<sub>2</sub>. Es el parámetro más usado para medir la calidad de las aguas residuales, diseñar unidades de tratamiento biológico y fijar las cargas orgánicas permisibles en fuentes receptoras (Romero Rojas, 1999).

- Demanda Química de Oxígeno (DQO): Mide la cantidad de oxígeno equivalente necesaria para oxidar químicamente toda la materia orgánica presente en el agua, tanto biodegradable como no biodegradable. Su determinación es más rápida que la DBO<sub>5</sub> y permite evaluar la carga orgánica total del efluente (Romero Rojas, 1999).
- Demanda Teórica de Oxígeno (DTeO): Corresponde a la cantidad teórica de oxígeno necesaria para oxidar completamente un compuesto orgánico de composición química conocida hasta sus productos finales.
- Demanda Total de Oxígeno (DTO): Determina el oxígeno total requerido para la oxidación completa de la muestra

#### Grupo 2. Métodos para evaluación de parámetros de contenido de carbono:

- Carbono Orgánico Total (COT): Es un ensayo de ejecución rápida que representa una alternativa complementaria a la DBO y DQO mide la cantidad total de carbono orgánico presente en el agua residual (Romero Rojas, 1999).
- Carbono Orgánico Teórico (COTe): Valor calculado teóricamente a partir de la composición química conocida de los compuestos orgánicos presentes en el agua residual.

En la Tabla 4-2 se presentan las principales características de las aguas residuales y sus fuentes de origen, donde se evidencia que los contaminantes presentes provienen principalmente de residuos domésticos, lo cual es coherente con la naturaleza del efluente generado en la comunidad Corazón de Lentag.

Tabla 4-2 Características de las aguas residuales y fuentes de origen.

<p><b>Características físicas</b></p> <p>Sólidos Temperatura Color Olor</p>	<p>Suministro de agua, residuos industriales y domésticos Residuos industriales y domésticos Residuos industriales y domésticos Descomposición de residuos líquidos</p>
<p><b>Características químicas</b></p> <p><b>Orgánicos</b></p> <p>Proteínas Carbohidratos Aceites y grasas Tensoactivos Fenoles Pesticidas</p>	<p>Residuos comerciales y domésticos Residuos comerciales y domésticos Residuos comerciales, industriales y domésticos Residuos industriales y domésticos Residuos industriales y domésticos Residuos agrícolas</p>
<p><b>Inorgánicos</b></p> <p>pH Cloruros Nitrógeno Fósforo Azufre Tóxicos Metales pesados Gases Oxígeno Hidrógeno sulfurado Metano</p>	<p>Residuos industriales y domésticos Suministro de agua, residuos industriales e infiltraciones Residuos agrícolas y domésticos Residuos agrícolas. Industriales y domésticos Suministro de agua y residuos industriales Residuos industriales Residuos industriales  Suministro de agua e infiltraciones Residuos domésticos Residuos domésticos</p>
<p><b>Características biológicas</b></p> <p>Virus Bacterias Protozoarios Nematodos</p>	<p>Residuos domésticos Residuos domésticos Residuos domésticos Residuos domésticos</p>

Fuente: Tratamiento de aguas residuales teoría y principios de diseño (Romero Rojas, 1999)

#### 4.1.6 Criterios para la selección de la tecnología de tratamiento

La selección de una tecnología de tratamiento adecuada para una comunidad rural como Corazón de Lentag implica encontrar un equilibrio entre eficiencia técnica, simplicidad operativa y

sostenibilidad económica. Considerando que el sistema debe responder tanto a las necesidades actuales como a los requerimientos futuros de las familias de la comunidad, se establecieron tres criterios fundamentales: alcanzar un elevado nivel de depuración, especialmente en el aspecto microbiológico; garantizar una operación lo suficientemente simple para que los propios usuarios puedan manejarla sin depender de personal especializado; y mantener costos de construcción y operación mínimos que aseguren la viabilidad del sistema a largo plazo.

En función de estos criterios, se propone un sistema de tratamiento estructurado en tres etapas complementarias.

- El tratamiento primario consiste en una fosa séptica de doble cámara, destinada a la decantación de sólidos sedimentables y a la retención de material flotante mediante separación física.
- El tratamiento secundario incorpora un filtro anaerobio de flujo ascensional (FAFA), orientado a la remoción de la materia orgánica suspendida y disuelta remanente del tratamiento primario mediante la acción de la biomasa adherida al medio filtrante.
- La disposición final se realiza mediante un lecho filtrante de aplicación al suelo, donde el efluente secundario es distribuido en zanjas de infiltración con capas de grava y arena. Esta etapa aprovecha la capacidad natural del terreno para completar la depuración microbiológica a través de procesos físicos de filtración y biológicos de retención y eliminación de microorganismos patógenos.

Cabe señalar que no se contempló un sistema de desinfección convencional con productos químicos, dado que implicaría mayores costos y complejidad operativa para una comunidad rural sin personal técnico permanente; en su lugar, la depuración microbiológica complementaria se confía al lecho filtrante de aplicación al suelo, alternativa viable dada la disponibilidad de área en la comunidad.

## 5. Capítulo 5: Diseño de la red de alcantarillado sanitario

En este capítulo se realizará el diseño como tal de la red de alcantarillado sanitario con todo el criterio ya mencionado anteriormente, respaldado por normas y disposiciones vigentes en nuestro medio

Los datos recopilados deben ser confiables ya que, al tratarse de un aporte técnico de referencia, cualquier inconsistencia en los parámetros establecidos podría comprometer la calidad del diseño y complicar su futura implementación, El diseño abarca los parámetros adoptados, los resultados hidráulicos en la red de la Vía Trozana, el dimensionamiento de los pozos de revisión, planta de tratamiento y planos del proyecto

### 5.1 Parámetros de diseño

Para el dimensionamiento de la red de alcantarillado sanitario de la Vía Trozana, se adoptaron parámetros técnicos definidos en el Capítulo 3 del presente trabajo, los cuales se resumen en la Tabla 5-1. Estos valores fueron seleccionados en función de las características propias de la comunidad, la normativa vigente y los lineamientos del Plan Maestro de Agua Potable y Alcantarillado de la ciudad de Cuenca, referencia técnica de aplicación para la región del Azuay.

Tabla 5-1 Resumen parámetros de diseño.

DATOS DE DISEÑO	SIMBOLO	UNIDAD	VALOR
Dotación Media Futura	<b>Dmf</b>	L/hab/dia	<b>120.13</b>
Densidad Poblacional	<b>D<sub>p</sub></b>	hab/HA	<b>24.39</b>
Factor Aportación [0.7-0.8]	<b>K</b>	Qar/Qap	<b>0.80</b>
Máxima Altura/Diámetro	<b>d/D</b>	adim.	<b>0.75</b>
Profundidad mínima de Pozo Revisión	<b>h</b>	m	<b>1.80</b>
Caudal mínimo sanitario (inodoro)	<b>q<sub>m</sub></b>	L/s	<b>2.20</b>
Caudal de infiltración	<b>Qinf</b>	L/s/km	<b>1</b>
Caudal de aguas ilícitas	<b>Qilic</b>	L/Hab/día	<b>80</b>
Material de la tubería	<b>Mat</b>	Adim.	<b>PVC</b>

Tipo de tubería de PVC (A <sub>1</sub> -A <sub>2</sub> -B)	<b>Tipo</b>	Adim.	<b>B</b>
Diámetro nominal mínimo	<b>∅</b>	mm	<b>200</b>
Clase (tubería HORMIGON)	<b>CL</b>	Adim.	<b>1</b>
Ancho PRELIMINAR área de aporte	<b>Aa</b>	m	<b>90.00</b>
Velocidad Tractiva admisible	<b>δ</b>	N/m <sup>2</sup>	<b>1.00</b>
Factor de Mayoración (Harmon, Qmd < 4 L/s)	<b>M</b>	Adim.	<b>4</b>

*Fuente: Elaboración propia (2026), basado en el Plan Maestro de Agua Potable y Alcantarillado de Cuenca y normativa ETAPA EP.*

## 5.2 Metodología de diseño

Con los datos recopilados, para llevar a cabo el diseño de la red, se siguió un flujo de trabajo sistemático que permitió organizar la información y garantizar coherencia en cada etapa del proceso, como lo describiré en los siguientes puntos:

- 1. Definir la topografía del área de estudio y procesar información levantada en campo con uso del software Civil 3D.
- 2. Definir el trayecto de la red de alcantarillado sanitario en función a la vía existente y condiciones del terreno.
- 3. Identificar los puntos de interés a lo largo del trayecto, tales como cambios de dirección, pendientes pronunciadas y puntos más bajos.
- 4. Definir la ubicación de los pozos de revisión conforme a criterios determinados en la normativa y sus características topográficas.
- 5. Determinar las longitudes de tubería entre pozos consecutivos.
- 6. Establecer las pendientes de diseño de cada tramo, respetando valores mínimos admisibles.
- 7. Determinar la altura de cada pozo de revisión según las cotas de terreno.
- 8. Proceder con los cálculos hidráulicos de diseño.
- 9. Verificar el cumplimiento de criterios normativos vigentes en todos los tramos diseñados.

### 5.3 Resultados Vía Trozana

Una vez definidos los parámetros de diseño y la metodología adoptada, se procedió al cálculo hidráulico de la red de alcantarillado sanitario para los 19 tramos que conforman la Vía Trozana, desde el pozo cabecero P20 hasta el pozo de descarga P1. La red tiene una longitud total de 546.61 m, con un desnivel entre el punto más alto (cota 1 658.10 msnm en P20) y el punto de descarga (cota de proyecto 1 626.23 msnm en P1), lo que refleja la topografía accidentada propia del sector rural del cantón Girón.

Se adoptó un diámetro nominal de 200 mm en tubería PVC tipo B con diámetro interior de 172 mm correspondiente al diámetro mínimo establecido por la normativa. La población acumulada servida al final del recorrido cubre a la población futura calculada de 121 habitantes, con un caudal de diseño máximo en el último tramo de 2.859 L/s.

Tabla 5-2 Resultados red Vía Trozana (Geometría, área tributaria y población)

POZO No.		TRAMO	COORDENADAS GEOGRAFICAS		LONGITUD m	AREA TRIBUTARIA		DENSIDAD hab/HA	POBLACION	
Inicial	final FINAL		X	Y		Parcial HA	Acumul. HA		DENSIDAD*AREA	Parcial
P20	P19	P20-P19	697556.08	9642350.00	43.65	0.393	0.393	24.39	10	10
P19	P18	P19-P18	697593.97	9642371.67	12.60	0.113	0.506	24.39	3	13
P18	P17	P18-P17	697606.31	9642374.19	12.31	0.111	0.617	24.39	3	16
P17	P16	P17-P16	697618.36	9642371.62	40.72	0.366	0.984	24.39	9	25
P16	P15	P16-P15	697653.85	9642351.67	49.94	0.449	1.433	24.39	11	36
P15	P14	P15-P14	697694.56	9642322.74	16.67	0.150	1.583	24.39	4	40
P14	P13	P14-P13	697701.92	9642307.79	33.79	0.304	1.887	24.39	7	47
P13	P12	P13-P12	697697.25	9642274.33	14.17	0.128	2.015	24.39	3	50
P12	P11	P12-P11	697700.42	9642260.51	33.00	0.297	2.312	24.39	7	57
P11	P10	P11-P10	697720.40	9642234.25	21.02	0.189	2.501	24.39	5	62
P10	P9	P10-P9	697736.55	9642220.79	34.74	0.313	2.813	24.39	8	70
P9	P8	P9-P8	697767.99	9642206.03	15.05	0.135	2.949	24.39	3	73
P8	P7	P8-P7	697777.59	9642194.44	58.98	0.531	3.480	24.39	13	86
P7	P6	P7-P6	697797.11	9642138.78	22.54	0.203	3.683	24.39	5	91
P6	P5	P6-P5	697813.03	9642122.83	14.03	0.126	3.809	24.39	3	94
P5	P4	P5-P4	697826.96	9642124.52	35.33	0.318	4.127	24.39	8	102
P4	P3	P4-P3	697844.39	9642155.26	24.22	0.218	4.345	24.39	5	107
P3	P2	P3-P2	697862.99	9642170.77	42.20	0.380	4.725	24.39	9	116
P2	P1	P2-P1	697904.62	9642163.87	21.65	0.195	4.919	24.39	5	121

Fuente: Elaboración propia (2026).

Tabla 5-3 Resultados red Vía Trozana (Caudales de diseño por tramo)

POZO No.		TRAMO	AGUAS SERVIDAS					CAUDAL		AGUAS ILICITAS		Q. diseño
Inicial	final		Qmd [L/s]		Factor	Q <sub>Mi</sub> =M*Q <sub>md</sub>		INFILTRACION		Q <sub>ilic</sub> * Población		L/s
	FINAL		Parcial	Acumulado	M	Acumulado	diseño	Parcial	Acumulado	Parcial	Acumulado	Q <sub>Mi</sub> +Q <sub>inf</sub> +Q <sub>ilic</sub>
P20	P19	P20-P19	0.01	0.01	4.00	0.044	2.200	0.044	0.044	0.009	0.009	2.25
P19	P18	P19-P18	0.00	0.01	4.00	0.058	2.200	0.013	0.056	0.003	0.012	2.27
P18	P17	P18-P17	0.00	0.02	4.00	0.071	2.200	0.012	0.069	0.003	0.015	2.28
P17	P16	P17-P16	0.01	0.03	4.00	0.111	2.200	0.041	0.109	0.008	0.023	2.33
P16	P15	P16-P15	0.01	0.04	4.00	0.160	2.200	0.050	0.159	0.010	0.033	2.39
P15	P14	P15-P14	0.00	0.04	4.00	0.178	2.200	0.017	0.176	0.004	0.037	2.41
P14	P13	P14-P13	0.01	0.05	4.00	0.209	2.200	0.034	0.210	0.006	0.044	2.45
P13	P12	P13-P12	0.00	0.06	4.00	0.222	2.200	0.014	0.224	0.003	0.046	2.47
P12	P11	P12-P11	0.01	0.06	4.00	0.254	2.200	0.033	0.257	0.006	0.053	2.51
P11	P10	P11-P10	0.01	0.07	4.00	0.276	2.200	0.021	0.278	0.005	0.057	2.54
P10	P9	P10-P9	0.01	0.08	4.00	0.311	2.200	0.035	0.313	0.007	0.065	2.58
P9	P8	P9-P8	0.00	0.08	4.00	0.325	2.200	0.015	0.328	0.003	0.068	2.60
P8	P7	P8-P7	0.01	0.10	4.00	0.383	2.200	0.059	0.387	0.012	0.080	2.67
P7	P6	P7-P6	0.01	0.10	4.00	0.405	2.200	0.023	0.409	0.005	0.084	2.69
P6	P5	P6-P5	0.00	0.10	4.00	0.418	2.200	0.014	0.423	0.003	0.087	2.71
P5	P4	P5-P4	0.01	0.11	4.00	0.454	2.200	0.035	0.459	0.007	0.094	2.75
P4	P3	P4-P3	0.01	0.12	4.00	0.476	2.200	0.024	0.483	0.005	0.099	2.78
P3	P2	P3-P2	0.01	0.13	4.00	0.516	2.200	0.042	0.525	0.008	0.107	2.83
P2	P1	P2-P1	0.01	0.13	4.00	0.538	2.200	0.022	0.547	0.005	0.112	2.86

Fuente: Elaboración propia (2026).

Tabla 5-4 Resultados red Vía Trozana (Especificaciones técnicas de la tubería seleccionada)

POZO No.		TRAMO	DATOS DE LA TUBERIA								
Inicial	final FINAL		Ø teórico	Ø aproximacion	Ø nominal(mm)	Tipo T	Ø interior mm	Serie S	Material	Rugosidad n	J o/oo
P20	P19	P20-P19	52	250	200	B	172	5	PVC	0.010	35
P19	P18	P19-P18	50	250	200	B	172	5	PVC	0.010	47
P18	P17	P18-P17	47	250	200	B	172	5	PVC	0.010	63
P17	P16	P17-P16	49	250	200	B	172	5	PVC	0.010	53
P16	P15	P16-P15	51	250	200	B	172	5	PVC	0.010	47
P15	P14	P15-P14	53	250	200	B	172	5	PVC	0.010	38
P14	P13	P14-P13	49	250	200	B	172	5	PVC	0.010	60
P13	P12	P13-P12	49	250	200	B	172	5	PVC	0.010	64
P12	P11	P12-P11	51	250	200	B	172	5	PVC	0.010	52
P11	P10	P11-P10	52	250	200	B	172	5	PVC	0.010	48
P10	P9	P10-P9	54	250	200	B	172	5	PVC	0.010	39
P9	P8	P9-P8	50	250	200	B	172	5	PVC	0.010	61
P8	P7	P8-P7	51	250	200	B	172	5	PVC	0.010	59
P7	P6	P7-P6	46	250	200	B	172	5	PVC	0.010	99
P6	P5	P6-P5	48	250	200	B	172	5	PVC	0.010	81
P5	P4	P5-P4	50	250	200	B	172	5	PVC	0.010	65
P4	P3	P4-P3	47	250	200	B	172	5	PVC	0.010	93
P3	P2	P3-P2	51	250	200	B	172	5	PVC	0.010	68
P2	P1	P2-P1	50	250	200	B	172	5	PVC	0.010	76

Fuente: Elaboración propia (2026).

Tabla 5-5 Resultados red Vía Trozana (Verificación hidráulica por tramo)

POZO No.		TRAMO	SECCION LLENA		ELEMENTOS HIDRAULICOS					
Inicial	final		V	Q	q/Q	y/D		y <sub>n</sub>	v [m/s]	
	FINAL		m/s	L/s	CURVAS AJUSTADAS			m		
P20	P19	P20-P19	2.30	53.35	0.042	0.166	ok	0.028	0.97	ok
P19	P18	P19-P18	2.66	61.83	0.037	0.156	ok	0.027	1.08	ok
P18	P17	P18-P17	3.08	71.58	0.032	0.148	ok	0.025	1.21	ok
P17	P16	P17-P16	2.83	65.65	0.036	0.154	ok	0.027	1.14	ok
P16	P15	P16-P15	2.66	61.83	0.039	0.160	ok	0.027	1.10	ok
P15	P14	P15-P14	2.39	55.59	0.043	0.167	ok	0.029	1.01	ok
P14	P13	P14-P13	3.01	69.86	0.035	0.154	ok	0.026	1.21	ok
P13	P12	P13-P12	3.11	72.15	0.034	0.152	ok	0.026	1.24	ok
P12	P11	P12-P11	2.80	65.03	0.039	0.159	ok	0.027	1.15	ok
P11	P10	P11-P10	2.69	62.48	0.041	0.163	ok	0.028	1.12	ok
P10	P9	P10-P9	2.42	56.32	0.046	0.171	ok	0.029	1.04	ok
P9	P8	P9-P8	3.03	70.44	0.037	0.157	ok	0.027	1.23	ok
P8	P7	P8-P7	2.98	69.27	0.038	0.159	ok	0.027	1.23	ok
P7	P6	P7-P6	3.86	89.73	0.030	0.145	ok	0.025	1.50	ok
P6	P5	P6-P5	3.49	81.16	0.033	0.151	ok	0.026	1.39	ok
P5	P4	P5-P4	3.13	72.71	0.038	0.158	ok	0.027	1.28	ok
P4	P3	P4-P3	3.74	86.97	0.032	0.148	ok	0.025	1.48	ok
P3	P2	P3-P2	3.20	74.37	0.038	0.159	ok	0.027	1.31	ok
P2	P1	P2-P1	3.38	78.62	0.036	0.156	ok	0.027	1.37	ok

Fuente: Elaboración propia (2026).

#### 5.4 Diseño de pozos de revisión

Los pozos de revisión son estructuras fundamentales dentro de un sistema de alcantarillado sanitario, ya que permiten el acceso a la red para labores de inspección, limpieza y mantenimiento. Su correcta ubicación y dimensionamiento garantiza la operatividad del sistema a lo largo de su vida útil.

Para el presente diseño se establecieron pozos de revisión en cada cambio de dirección, en los extremos de cada tramo y en los puntos de inicio de la red, conforme a lo establecido en la normativa vigente. La profundidad mínima adoptada fue de 1.80 m, medida desde la cota de terreno hasta la clave de la tubería, valor que asegura una cobertura adecuada de la tubería frente a cargas superficiales.

La red de la Vía Trozana cuenta con un total de 20 pozos de revisión, identificados desde P1 hasta P20, cuyas profundidades varían entre 1.800 m y 1.817 m, manteniéndose todas muy cercanas al mínimo normativo debido a que la topografía del terreno sigue de manera coherente la pendiente de diseño adoptada. Los resultados de cada pozo se presentan en la Tabla 5-6.

Tabla 5-6 Pozos de revisión

POZO No.		TRAMO	POZO [H]		C O T A S				
Inicial	final		Inicio m	Final m	TERRENO			PROYECTO	
FINAL					Inicio	Final	I[o/oo]	Inicio	Final
P20	P19	P20-P19	1.800	1.808	1658.100	1656.580	35	1,656.300	1,654.772
P19	P18	P19-P18	1.808	1.810	1656.580	1655.990	47	1,654.772	1,654.180
P18	P17	P18-P17	1.810	1.808	1655.990	1655.212	63	1,654.180	1,653.404
P17	P16	P17-P16	1.808	1.814	1655.212	1653.060	53	1,653.404	1,651.246
P16	P15	P16-P15	1.814	1.811	1653.060	1650.710	47	1,651.246	1,648.899
P15	P14	P15-P14	1.811	1.817	1650.710	1650.083	38	1,648.899	1,648.266
P14	P13	P14-P13	1.817	1.811	1650.083	1648.050	60	1,648.266	1,646.239
P13	P12	P13-P12	1.811	1.810	1648.050	1647.142	64	1,646.239	1,645.332
P12	P11	P12-P11	1.810	1.804	1647.142	1645.420	52	1,645.332	1,643.616
P11	P10	P11-P10	1.804	1.803	1645.420	1644.410	48	1,643.616	1,642.607
P10	P9	P10-P9	1.803	1.808	1644.410	1643.060	39	1,642.607	1,641.252
P9	P8	P9-P8	1.808	1.804	1643.060	1642.138	61	1,641.252	1,640.334
P8	P7	P8-P7	1.804	1.810	1642.138	1638.664	59	1,640.334	1,636.854
P7	P6	P7-P6	1.810	1.800	1638.664	1636.423	99	1,636.854	1,634.623
P6	P5	P6-P5	1.800	1.804	1636.423	1635.291	81	1,634.623	1,633.487
P5	P4	P5-P4	1.804	1.809	1635.291	1633.000	65	1,633.487	1,631.191
P4	P3	P4-P3	1.809	1.812	1633.000	1630.751	93	1,631.191	1,628.939
P3	P2	P3-P2	1.812	1.804	1630.751	1627.873	68	1,628.939	1,626.069
P2	P1	P2-P1	1.804	1.814	1627.873	1626.238	76	1,626.069	1,624.424

Fuente: Elaboración propia (2026).

## 5.5 Tratamiento para la Vía Trozana

### 5.5.1 Fosa séptica de doble cámara

El diseño seleccionado para la planta de tratamiento constará de tres unidades en serie: una fosa séptica de doble cámara como tratamiento primario, un filtro anaerobio de flujo ascensional como tratamiento secundario y un lecho filtrante de aplicación al suelo como sistema de disposición final. A continuación, se presentan los valores de diseño obtenidos para la fosa séptica de doble cámara, en la Tabla 5-7.

Tabla 5-7 Valores de diseño de fosa séptica de doble cámara

DATOS DE DISEÑO	SIMBOLO	UNIDAD	VALOR
Número de habitantes	<b>N</b>	hab.	122
Producción aguas residuales por persona	<b>C</b>	lt/hab*día	100.00
Producción aguas residuales TOTAL	<b>C<sub>T</sub></b>	lt/día	12,200
Tiempo de retención adoptado	<b>T</b>	días	0.50
Contribución de lodos frescos	<b>L<sub>f</sub></b>	lt/hab*día	1.00
Relación Largo/ancho	<b>L/b</b>	adim.	3.00
Profundidad del tanque	<b>h</b>	m	1.50
Altura libre	<b>hs</b>	m	0.30

Fuente: Elaboración propia (2026).

### Volumen

De acuerdo a la Norma Brasileña NB-41 /81, el volumen útil se puede estimar en base a la ((Ecuación 5-1):

$$V = 1.30 * N * (C * T + 100 * Lf )$$

(Ecuación 5-1)

Calculo y determinación del valor del volumen.

$$V = 1,30 * 122 * (100 * 0.5 + 100 * 1)$$

$$V = 23,790 \text{ lts}$$

$$V = 23.79 \text{ m}^3$$

Para determinar las dimensiones de nuestra fosa séptica de doble cámara se ha determinado a partir de dimensiones mínimas que se estable en la Tabla 5-8.

Tabla 5-8 Dimensiones mínimas de una fosa séptica de doble cámara

DIMENSIONES MÍNIMAS DE LA FOSA	
<i>Ancho interno mínimo</i>	$b = 0,80\text{m}$
<i>Profundidad útil mínima</i>	$h = 1,20\text{m}$
<i>Relación:</i>	$2 \leq L/b \leq 4$
<i>El ancho interno no debe ser mayor que 2 veces la profundidad útil</i>	
<i>El ancho de cámara</i>	$b \leq L$
<i>La relación de las longitudes de la cámara</i>	
$L_1 =$	$2/3 * L$ Cámara No.1
$L_2 =$	$1/3 * L$ Cámara No.2
<i>El orificio para el paso de las dos cámaras debe estar ubicado a <math>2/3 h</math></i>	
<i>Los bordes superiores de estos orificios deben ser localizados a una distancia de 0.30m por debajo de la superficie del líquido</i>	
<i>El área de la sección transversal del orificio debe ser estar entre 5 y 10% de la sección transversal útil.</i>	

Fuente: Elaboración propia (2026). Basado en Pacheco & Arruda, (2007), Tratamiento de Esgotos Domesticos.

Se determina dimensiones reales de la fosa séptica de doble cámara se lo demuestra a través de la Tabla 5-9.

Tabla 5-9 Valores reales de diseño de fosa séptica de doble cámara

VOLUMEN (m3)	ANCHO (m)	LARGO (m)	PROFUNDIDAD (m)	VOLUMEN REAL
23.79	2.30	6.90	1.70	26.98

Fuente: Elaboración propia (2026).

Calculo y determinación del valor de las longitudes de las cámaras de la fosa séptica.

#### LONGITUDES DE LAS CAMARAS

$$L1 = 2/3 * L = 4.60 \quad m$$

$$L2 = 2/3 * L = 2.30 \quad m$$

#### ORIFICIO PARA EL PASO DE LAS 2 CAMARAS

$$2/3 * h = 1.10 \quad m$$

#### AREA DE LA SECCION TRANSVERSAL DEL ORIFICIO

10.00%

$$At = 0.391 \quad m^2$$

$$a = 0.30 \quad m$$

$$b = 1.30 \quad m$$

### 5.5.2 Eficiencia de remoción de la fosa séptica de doble cámara

La eficiencia de remoción de DBO y CF en esta unidad se asume en un 30.00%. Los sólidos suspendidos prácticamente se mantienen y se puede ver estos valores en la Tabla 5-10

30.00%

Tabla 5-10 Parámetros medios de calidad del agua residual

PARAMETROS	SIMBOLO	UNIDAD	VALOR AFLUENTE	VALOR EFLUENTE
Demanda Bioquímica de Oxígeno	<b>DBO</b>	mg/l	200.00	140.00
Sólidos Suspendidos Totales	<b>SST</b>	mg/l	200.00	140.00
Coliformes Fecales	<b>CF</b>	NMP/100ml	1.00E+07	1.00E+07

Fuente: Elaboración propia (2026).

### **5.5.3 Filtro anaerobio de flujo ascensional**

Siguiendo como unidad complementaria al tratamiento primario, se plantea la implementación de un filtro anaerobio de flujo ascensional (FAFA) ubicado aguas abajo de la fosa séptica de doble cámara, con el objetivo de incrementar la remoción de materia orgánica y sólidos remanentes del efluente primario, mejorando las condiciones sanitarias de la comunidad.

El filtro anaerobio de flujo ascensional consiste en un reactor cerrado que contiene un medio filtrante inerte, generalmente conformado por grava o piedra, sobre cuya superficie se adhiere una biomasa anaerobia responsable de la degradación biológica de contaminantes. El afluente ingresa por la parte inferior del tanque y asciende lentamente a través del lecho filtrante, favoreciendo el contacto entre el agua residual y los microorganismos adheridos al material soporte. Este proceso permite estabilizar la materia orgánica soluble y retener partículas en suspensión (Metcalf & Eddy, 2003)

De acuerdo con la literatura técnica especializada, este tipo de sistemas resulta apropiado para poblaciones pequeñas rurales debido a que resulta un bajo costo de construcción, mínima demanda energética, operación sencilla y reducida generación de lodos, constituye una alternativa eficiente para lo que se busca en nuestro estudio.

### **5.5.4 Parámetros y consideraciones del filtro anaerobio de flujo ascensional**

El filtro anaerobio de flujo ascensional está conformado por un tanque con un medio sólido que actúa como soporte para el crecimiento biológico anaerobio. El agua residual circula de abajo hacia arriba y entra en contacto con la biomasa adherida al material filtrante, donde los microorganismos transforman y estabilizan la materia orgánica presente en el afluente.

Este sistema se caracteriza por su operación sencilla y por requerir un mantenimiento mínimo; al trabajar con flujo ascendente se reduce el riesgo de obstrucciones del lecho filtrante cuando existe un tratamiento previo adecuado.

Los valores considerados para el diseño se presentan en la Tabla 5-11, donde se incluyen las variables necesarias para el cálculo y verificación de la unidad, tales como población aportante, carga orgánica unitaria, carga volumétrica y altura del medio filtrante, la selección adecuada de estos parámetros permite un funcionamiento óptimo del sistema, garantizando el tiempo de contacto requerido entre afluente y la biomasa adherida al medio con operación estable y eficiente

en su vida útil proyectada, cabe recalcar que se establecen parámetros recomendados por la normativa como la carga volumétrica ( $L_v$ ) está en el rango de 0,10 a 0,50 kgDBO/m<sup>3</sup>x día y la altura del lecho podría variar de 0.80m a 1.20m.

Tabla 5-11 Datos de diseño del filtro anaerobio de flujo ascensional

DATOS DE DISEÑO	SIMBOLO	UNIDAD	VALOR
Numero de aportantes	N	hab.	122
Carga orgánica por habitante	Co	grDBO/día	30.00
Carga orgánica volumétrica	Lv	kgDBO/m <sup>3</sup> x día	0.10
Altura del medio filtrante	hm	m	2.00

Fuente: Elaboración propia (2026).

### 5.5.5 Cálculo del volumen y dimensiones del filtro anaerobio de flujo ascensional

Una vez definido los parámetros de diseño, se procede al cálculo de la carga orgánica del afluente y del volumen requerido para el filtro anaerobio de flujo ascensional, Estos valores permiten establecer las dimensiones preliminares de la unidad, garantiza una capacidad suficiente para el tratamiento.

La carga orgánica del afluente se determina en función a la población aportante y la carga orgánica unitaria por habitante, esta relación se presenta en la (Ecuación 5-2).

$$L = \frac{N * Co}{1000} \quad \text{(Ecuación 5-2)}$$

Calculo y determinación del valor de la carga orgánica del afluente.

$$L = \frac{122 * 30}{1000} = 3.66 \quad \text{kgDBO/día}$$

Posteriormente se determina el volumen útil del filtro que se calcula con relación a la carga orgánica del afluente, esta expresión se muestra en (Ecuación 5-3).

$$V = \frac{L}{Lv} \quad \text{(Ecuación 5-3)}$$

Donde

V = Volumen del filtro anaerobio, en m<sup>3</sup>

L = Carga orgánica afluente, en kgDBO/día

Lv = Carga orgánica, en kgDBO/m<sup>3</sup>xdia

Se calculó y determinó el volumen del filtro anaerobio de flujo ascensional demostrado en la Tabla 5-12 y Tabla 5-13.

Tabla 5-12 Dimensiones del filtro anaerobio de flujo ascensional (Volumen necesario y Area).

VOLUMEN NECESARIO (m3)	H PROFUNDIDAD (m)	A ÁREA (m2)
36.60	2.00	18.30

Fuente: Elaboración propia (2026).

Tabla 5-13 Dimensiones finales del filtro anaerobio de flujo ascensional.

VOLUMEN m <sup>3</sup>	TANQUE		CUPULA			PARED
	diámetro (m)	altura (m)	radio (m)	flecha (m)	espesor (cm)	espesor (cm)
40.00	5.20	2.00	4.63	0.80	2.80	4.00

Fuente: Elaboración propia (2026).

### 5.5.6 Eficiencia de remoción del filtro anaerobio de flujo ascensional

El filtro anaerobio de flujo ascensional diseñado para la comunidad Corazón de Lentag alcanza una eficiencia del 80% en la remoción de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Sólidos Suspendidos Totales (SST) y Coliformes Fecales (CF), valores coherentes en los rangos de desempeño reportados para este tipo de sistema de tratamiento rural de baja carga hidráulica.

Una vez que el agua residual atraviesa el sistema de tratamiento conformado por la fosa séptica de doble cámara y el tratamiento secundario de filtro anaerobio de flujo ascensional se determinó los valores del efluente resumido en la Tabla 5-14, Los resultados evidencian una reducción significativa en los tres parámetros evaluados, confirmando que el sistema alcanza un rendimiento óptimo. El efluente resultante constituye el ingreso a la tercera unidad de tratamiento, el lecho filtrante para aplicación al suelo, donde se completará la depuración antes de su disposición final, conforme a lo establecido en la normativa vigente establecida por el Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2015, dentro del acuerdo Ministerial N° 097-A.

Tabla 5-14 Eficiencia de remoción del filtro anaerobio de flujo ascensional.

PARAMETROS	SIMBOLO	UNIDAD	V.AFLUENTE	V.EFLUENTE
<i>Demanda Bioquímica Oxígeno</i>	<b>DBO</b>	mg/lt	140.00	28.00
<i>Sólidos Suspendidos Totales</i>	<b>SST</b>	mg/lt	140.00	28.00
<i>Coliformes Fecales</i>	<b>CF</b>	cf/100ml	1.00E+07	2.00E+06
<b>La eficiencia de remoción de DBO, SST y CF se encuentra alrededor del 80%</b>				

Fuente: Elaboración propia (2026).

### 5.5.7 Lecho filtrante para aplicación al suelo

Como tercera y última unidad del tren de tratamiento se incorpora un lecho filtrante para la aplicación del efluente al suelo. Esta unidad recibe el efluente del filtro anaerobio de flujo ascensional y completa la depuración mediante procesos físicos de filtración a través de capas de grava y arena, y eliminación de microorganismos patógenos en el perfil del suelo.

Los lechos filtrantes consisten en zanjas de ancho mayor a 0,90 m que pueden contener más de una línea de tubería de distribución; la superficie principal de infiltración corresponde al área del

fondo del lecho. Este tipo de unidad requiere menor superficie de terreno que los campos de infiltración tradicionales y su construcción tiene un costo menor, siendo aceptable en terrenos planos con pendientes inferiores al 10 % y en suelos arenosos, margosos o granulares (Romero Rojas, 1999).

### 5.5.8 Parámetros y consideraciones del lecho filtrante

La profundidad del lecho debe ser mínima de 0,60 m por debajo del nivel natural del terreno, con un recubrimiento mínimo de tierra de 0,30 m sobre la capa de grava. El espesor mínimo de la grava es de 0,30 m, con al menos 0,05 m sobre la tubería de distribución y 0,15 m por debajo de ella. Las tuberías de distribución deben separarse una distancia máxima de 1,80 m entre sí y colocarse como máximo a 1,00 m de las paredes laterales del lecho. Cuando se proyecte más de un lecho, debe conservarse una separación mínima de 1,80 m de terreno inalterado entre lechos adyacentes (Romero Rojas, 1999).

Los criterios de diseño adoptados para el dimensionamiento del lecho filtrante de la comunidad Corazón de Lentag se presentan en la Tabla 5-15.

Tabla 5-15 Criterios de diseño para lecho filtrante.

PARAMETROS A CONSIDERARSE	UNIDADES	VALOR
Carga Hidráulica o Tasa de aplicación	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> *día	0,020-0,050
Profundidad del lecho	m	0,50-0,70
Ancho del lecho	m	>0,90
Número tubería por lecho	m	2
Separación del fondo al nivel freático	m	>0,60 o 1,20
Espesor de la cobertura	m	>0,15

Fuente: Elaboración propia (2026).

### 5.5.9 Cálculo y dimensiones del lecho filtrante

Definidos los criterios técnicos, se procede al cálculo del área de infiltración requerida y al dimensionamiento geométrico del lecho. Los datos de partida adoptados para el diseño se presentan en la Tabla 5-16.

Tabla 5-16 Datos de diseño del lecho filtrante.

DATOS DE DISEÑO	SIMBOLO	UNIDAD	VALOR
Número de aportantes	<b>N</b>	hab.	122
Producción aguas residuales x persona	<b>Dar</b>	lts/hab/día	100.00
Velocidad de carga	<b>vc</b>	lts/m <sup>2</sup> *día	60.00
Longitud de cada lecho	<b>L</b>	m	40.00
Separación entre lechos	<b>b</b>	m	2.00
Ancho del lecho	<b>a</b>	m	3.00
Número tuberías por lecho	<b>N°</b>	u	2.00

Fuente: Elaboración propia (2026).

El área de infiltración requerida se calcula en función del caudal aportado y de la velocidad de carga adoptada en (Ecuación 5-4).

$$A = \frac{N * Dar}{vc} \quad \text{(Ecuación 5-4)}$$

Cálculo del área de infiltración:

$$\begin{aligned} \text{Area de Infiltración: } \mathbf{A} &= \frac{122 \times 100}{60.00} \\ \mathbf{A} &= 203.33 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

A partir del área obtenida y de la longitud adoptada para cada lecho, se determina el ancho total del área de infiltración mediante la (Ecuación 5-5).

$$B = \frac{A}{L} \quad \text{(Ecuación 5-5)}$$

$$\begin{aligned} \text{Ancho del área de infiltración} \\ \mathbf{B} &= \frac{203.33}{40.00} \\ \mathbf{B} &= 6 \text{ m} \end{aligned}$$

El número de zanjas se obtiene dividiendo el ancho total entre el ancho adoptado por lecho, conforme a la (Ecuación 5-6). Al resultar un valor fraccionario, se adopta un número entero superior para garantizar el área de infiltración mínima requerida.

$$Num\ zanj\ as = \frac{B}{a}$$

Número de zanjas:

$$N = \frac{6}{3.00}$$

$$N = 2\ u$$

(Ecuación 5-6)

Con la adopción de 2 zanjas se obtiene un área efectiva de infiltración de 240 m<sup>2</sup>, superior al área requerida de 203,33 m<sup>2</sup>, lo que asegura un margen de seguridad para la operación del sistema.

Finalmente, la longitud total de la tubería perforada de distribución se calcula multiplicando el número de zanjas por la longitud de cada lecho y por el número de tuberías por lecho, mediante la (Ecuación 5-7).

$$LT = Num\ zanj\ as * L * Num\ tuberías$$

(Ecuación 5-7)

Longitud total de la tubería:

$$L_T = 2 * 40 * 2$$

$$L_T = 160\ m$$

Una vez que el efluente del filtro anaerobio de flujo ascensional atraviesa el lecho filtrante, los procesos combinados de filtración mecánica a través de las capas de arena y grava, retención por adsorción en las partículas del suelo y degradación biológica por el microbiota autóctono del subsuelo permiten alcanzar una remoción completa de los microorganismos patógenos remanentes. De este modo, el agua que se incorpora al terreno como disposición final del sistema presenta los valores resumidos en la Tabla 5-17, condición que asegura que la aplicación al suelo se realiza sin generar afectaciones al entorno ni riesgos sanitarios para la comunidad.

Tabla 5-17 Eficiencia de remoción de CF.

La eficiencia de remoción de CF

100.00%

PARAMETROS	SIMBOLO	UNIDAD	V.AFLUENTE	V.EFLUENTE
Coliformes Fecales	CF	cf/100ml	2.00E+06	0.00

Fuente: Elaboración propia (2026).

## 5.6 Planos, topográficos, planta y perfil

Los anexos que se presentan a continuación constituyen el respaldo documental, fotográfico y técnico del proyecto de diseño del sistema de alcantarillado sanitario para la comunidad Corazón de Lentag, Vía Trozana, cantón Girón. En ellos se recoge la evidencia de las actividades de campo realizadas durante la fase de levantamiento de información, planos constructivos de los componentes principales del sistema de tratamiento de aguas residuales propuesto.

En el Anexo 1 se muestra el registro fotográfico de la reunión de socialización llevada a cabo entre el equipo técnico del proyecto y los representantes de la comunidad de Corazón de Lentag, en la cual se presentaron los alcances del diseño del sistema de alcantarillado sanitario y se realizaron las observaciones de los habitantes para orientar el desarrollo del estudio.

En el Anexo 2 se muestra el registro fotográfico del recorrido de reconocimiento de campo realizado en la Vía Trozana, actividad que permitió identificar las condiciones actuales del terreno, verificar la accesibilidad de la zona y constatar la ausencia de infraestructura sanitaria existente en el área de estudio.

En el Anexo 3 se muestra el registro fotográfico del levantamiento topográfico ejecutado en la Vía Trozana mediante estación total, trabajo de campo que permitió obtener las cotas, perfiles longitudinales y coordenadas UTM necesarias para el diseño geométrico e hidráulico de la red, con elevaciones comprendidas entre 1 626,23 y 1 658,10 m.s.n.m.

En el Anexo 4 se muestran las vistas de perfil y planta de la fosa séptica de doble cámara proyectada como unidad de tratamiento primario y la distribución de cámaras en proporción 2/3 y 1/3, conforme a los parámetros de la Norma Brasileña NB-41/81.

En el Anexo 5 se muestra el plano de cálculo estructural de la fosa séptica de doble cámara, con vistas de perfil y planta, en el que se detallan los diámetros de varillas, separaciones y especificaciones de hormigón del armado de losas, paredes y tabique divisorio, garantizando la resistencia estructural ante las cargas hidrostáticas y del suelo.

En el Anexo 6 se muestra el plano constructivo del filtro anaerobio de flujo ascensional, unidad de tratamiento secundario, incluyendo el sistema de distribución inferior del afluente mediante tuberías PVC perforadas.

En el Anexo 7 se muestra el plano del sistema de subdrenos del campo de infiltración destinado a la disposición final del efluente tratado mediante aplicación al suelo, con distribución en espiga de tuberías PVC de 4" perforadas y el detalle de sección transversal del dren con capas de grava y arena.

En el Anexo 8 se muestra el plano de planta de las tuberías de distribución del campo de infiltración, con la red de tuberías PVC de 110 mm perforadas conectadas a la tubería principal de alimentación de 160 mm, incluyendo los detalles tipo de las tuberías de distribución y recolección con perforaciones a 120°.

En el Anexo 9 se muestra el plano de planta del campo de infiltración correspondiente al sistema de disposición final del efluente tratado mediante aplicación al suelo, en el que se aprecia la distribución de las zanjas de infiltración equipadas con tubos de distribución perforados conectados a una caja de distribución central.

En el Anexo 10 se muestra el detalle de la sección transversal de las zanjas del campo de infiltración, en el que se aprecia la conformación estratificada del lecho con sus respectivas capas de tierra vegetal, grava y arena, así como la ubicación de los tubos de distribución perforados que conducen el efluente hacia el suelo receptor.

En el Anexo 11 se muestra los planos finales que van a servir para la ayuda de la ejecución del proyecto cumpliendo con el objetivo.

## Conclusiones

- El presente trabajo de titulación culminó exitosamente con el diseño técnico del sistema de alcantarillado sanitario para la vía Trozana, comunidad Corazón de Lentag, Parroquia La Asunción, cantón Girón, provincia del Azuay. El documento realizado constituye su estudio técnico de referencia sustentado en la normativa ecuatoriana vigente siendo la Norma CO 10.7-602 de la Secretaría del Agua y la normativa local Plan Maestro de Agua Potable y Alcantarillado de ETAPA-EP, con ello este documento podrá servir como base técnica para la futura gestión de financiamiento e implementación por parte de los organismos competentes.
- La etapa de recolección de información permitió caracterizar adecuadamente la zona de estudio. El levantamiento topográfico planimétrico, ejecutado a escala 1:1000 con equipo de precisión geodésica referenciado a la red REGME del IGM, reveló una topografía predominante siendo plano ondulado con pendientes moderadas, favorable para conducción de aguas residuales íntegramente por gravedad. La aplicación de encuestas a 22 familias de la comunidad confirmó la ausencia de un sistema formal de alcantarillado sanitario y la dependencia generalizada de soluciones individuales en estado deficiente. La dotación de diseño fue determinada a partir de un promedio de consumo registrado en planillas de medidores durante los tres últimos meses consecutivos, obteniéndose un valor de 120,13 L/hab·día, el cual fue validado con la dotación referencial de la normativa, que establece un valor de 100 L/hab·día para un nivel de servicio Iib en clima cálido, nivel que corresponde a las condiciones del sector. El valor adoptado en el diseño superior al mínimo normativo garantiza que el dimensionamiento del sistema incorpora un margen de seguridad coherente con la demanda real medida en campo.
- Los parámetros de diseño fueron seleccionados con apego a la normativa conforme a la Norma CO 10.7-602. Para la proyección poblacional se aplicaron los métodos aritméticos, geométrico y exponencial obteniéndose una población futura de 121 habitantes con la tasa de crecimiento del 1,0 % correspondiente a la región Sierra; además, se estableció un caudal mínimo de 2.2 L/s equivalente a la descarga de un inodoro, y un factor de mayoración de 4 para caudales menores a 4 L/s (Metcalf & Eddy, 1995), criterio aplicado

a la totalidad de los tramos dados que el caudal de aguas residuales acumulado en ningún tramo superó este umbral.

- El sistema de alcantarillado sanitario diseñado comprende una red de 19 tramos con una longitud total de 546,61 m, con tuberías de PVC tipo B de diámetro nominal 200 mm y diámetro interior de 172 mm, siendo este el diámetro mínimo admisible establecido en la normativa. La red cuenta con 20 pozos de revisión, identificados de P1 a P20, con profundidades que varían entre 1,800 m y 1,817 m, coherentes con la topografía del terreno y con la profundidad mínima normativa de 1,80 m. El caudal de diseño máximo en el tramo final de descarga (P2-P1) es de 2,859 L/s. La verificación hidráulica de todos los tramos confirmó que las velocidades de flujo parcialmente lleno se encuentran entre 0,97 m/s y 1,50 m/s, y las relaciones  $y/D$  no superan el 17,1 %, cumpliendo los criterios normativos en la totalidad de los tramos diseñados.
- El sistema de tratamiento pre-dimensionado se compone de tres unidades en serie. La primera unidad, una fosa séptica de doble cámara de 2,30 m × 6,90 m × 1,70 m, fue dimensionada conforme a la Norma Brasileña NB-41/81 con una eficiencia de remoción del 30 % en  $DBO_5$  y SST. La segunda unidad, un filtro anaerobio de flujo ascensional (FAFA) de diámetro 5,20 m y altura de lecho filtrante de 2,00 m, fue dimensionado a partir de una carga volumétrica de 0,10 kg $DBO_5$ /m<sup>3</sup>·día dentro del rango normativo recomendado alcanzando una eficiencia del 80 % en  $DBO_5$ , SST y coliformes fecales. La tercera unidad corresponde a un lecho filtrante para aplicación del efluente al suelo, conformado por dos zanjas de 40,00 m × 3,00 m × 0,60 m con capas de grava graduada y arena, y dos tuberías de PVC perforado de 110 mm por zanja, totalizando 160 m de tubería de distribución y una superficie efectiva de infiltración de 240 m<sup>2</sup> sobre un terreno de 320 m<sup>2</sup>. El tren de tratamiento en su conjunto reduce la  $DBO_5$  desde 200 mg/L hasta valores no detectables y los coliformes fecales desde  $1 \times 10^7$  NMP/100 mL hasta valores no detectables, garantizando que la disposición final al suelo se realice sin afectaciones al entorno ni riesgos sanitarios para la comunidad. La ubicación de la planta de tratamiento fue definida provisionalmente en un terreno de la comunidad aguas abajo del último pozo de la red, condicionada a la formalización de la disponibilidad del predio por parte del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del cantón Girón y los representantes de la comunidad.

- El sistema de alcantarillado sanitario diseñado cubre el 100 % de las 22 viviendas ( $\approx$ 121 habitantes proyectados al horizonte de diseño) ubicadas a lo largo de la Vía Trozana, alcance territorial definido para este estudio. La cobertura no incluye la vía divisoria adyacente, donde se identificó población adicional cuyo servicio podría incorporarse en una fase posterior mediante la extensión de la red propuesta, conforme se detalla en las recomendaciones.

## Recomendaciones

- Se recomienda que los resultados del presente estudio sean presentados formalmente ante el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del cantón Girón y la Secretaría del Agua, con el propósito de incluir el proyecto en los planes de inversión de infraestructura sanitaria rural. El documento técnico generado reúne los requisitos mínimos para ser sustentado ante organismos de financiamiento, en el marco de los compromisos del país con el Objetivo de Desarrollo Sostenible 6 sobre agua limpia y saneamiento.
- El diseño comprende únicamente la red principal de alcantarillado sanitario a lo largo de la vía Trozana. Las acometidas domiciliarias que conectarán cada vivienda a la red principal deberán ser ejecutadas por cada propietario bajo los lineamientos técnicos que establezca la entidad operadora. Se recomienda que el municipio, en coordinación con la comunidad, formalice los compromisos de conexión previo al inicio de la construcción, a fin de garantizar la cobertura total del servicio y evitar que la red opere por debajo de su capacidad de diseño durante las primeras etapas de operación.
- La ubicación de la planta de tratamiento fue establecida de manera provisional en un terreno de la comunidad, aguas abajo del punto de descarga de la red. Se recomienda que el GAD Municipal del cantón Girón, en coordinación con los representantes de la comunidad, formalice la disponibilidad de ese terreno o evalúe alternativas que garanticen la viabilidad legal y técnica de la implantación.
- El diseño ejecutado cubre exclusivamente la vía Trozana en su totalidad de las familias encuestadas. Sin embargo, se reconoce que en la vía divisoria adyacente existe población que podría beneficiarse de una extensión del sistema. Se recomienda que el municipio evalúe la ampliación de la red hacia ese sector, lo que permitiría incrementar la población servida, optimizar la inversión en la planta de tratamiento ya dimensionada y alcanzar un punto de descarga más estratégico.
- Para garantizar el funcionamiento sostenible del sistema durante su vida útil, se recomienda que la entidad operadora elabore un plan de operación y mantenimiento que incluya: cronograma de limpieza de pozos de revisión, frecuencia de extracción de lodos acumulados en la fosa séptica (estimada entre 1 y 3 años según la literatura técnica especializada), protocolo de inspección del medio filtrante del FAFA, monitoreo periódico

del lecho filtrante para verificar la capacidad de infiltración del suelo y prevenir su colmatación, y procedimiento de disposición final de los lodos generados conforme a la normativa ambiental vigente.

- El presente documento constituye un estudio de diseño de ingeniería que sirve como referencia técnica para la futura implementación. Para la etapa de contratación y construcción, se recomienda desarrollar los planos constructivos definitivos a las escalas requeridas planta general, perfiles longitudinales, detalles de pozos de revisión, planta de tratamiento y conexiones domiciliarias tipo, así como las especificaciones técnicas particulares, el presupuesto referencial actualizado y el cronograma valorado de trabajos. Estos documentos son indispensables para los procesos de contratación pública conforme a la normativa ecuatoriana vigente (SERCOP).

## Referencias

- Agencia de Regulación y Control del Agua. (2017). *REGULACIÓN Nro. DIR-ARCA-RG-006-2017*. <https://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/08/REGULACION-Nro.-DIR-ARCA-RG-006-2017.pdf>
- Alvarado, A., Larriva, J., Sánchez, E., Idrovo, D., & Cisneros, J. F. (2017). Assessment of decentralized wastewater treatment systems in the rural area of Cuenca, Ecuador. *Water Practice and Technology*, 12(1), 240–249. <https://doi.org/10.2166/WPT.2017.027>
- Ana Cristina, A. A. (2024). *Realidad del profesorado con respecto a su rol en la educación unidocente en el cantón Girón*. [Universidad Del Azuay]. <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/15169/1/20685.pdf>
- Ávila, L., Bravo, P., Delgado, V., Delgado, O., Martínez, J., Ochoa, P., Pacheco, J., Tenesaca, C., & Toledo, E. (2021). *Girón Atlas Cantonal. En 2021*. <https://publicaciones.uazuay.edu.ec/index.php/ceuazuay/catalog/view/247/220/1100>
- Carrasco, W., Pavón, C., & Portillo, M. (2011). *Alternativas tecnológicas. Agua y saneamiento para zona rural*. Quinto Principio. <https://iris.paho.org/server/api/core/bitstreams/86b0c8c9-9ec7-4346-a8c5-00072e5894f1/content>
- Comisión Nacional del Agua. (2009). *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento: Alcantarillado sanitario* (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales & Boulevard Adolfo Ruiz Cortines No. 4209 Col. Jardines de la Montaña, Eds.). <https://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/Libros/02AlcantarilladoSanitario.pdf>
- Comisión Nacional Del Agua [CONAGUA]. (2009). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento*. [www.conagua.gob.mx](http://www.conagua.gob.mx)
- Corazón de Lentag, Azuay, Ecuador – Mapa y altitud*. (2024). <https://mapcarta.com/es/19655246>
- Delgadillo, O., Camacho, A., Luis, P., & Andrade, M. (2010). *Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales*.

- Desbordamientos de alcantarillado sanitario (SSO) | EPA de EE. UU.* (2025).  
<https://www.epa.gov/npdes/sanitary-sewer-overflows-ssos>
- ETAPA-EP. (2012). *Plan maestro de saneamiento básico, etapa II - BDE.* 2012.  
<https://bde.fin.ec/plan-maestro-de-saneamiento-basico-etapa-ii/>
- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Girón, & Universidad de Cuenca. (2020). *PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL CANTONAL DE GIRÓN CONTENIENDO AL PLAN DE USO Y GESTIÓN DEL SUELO RURAL.*
- Jiménez, A. (2000). *ANÁLISIS DE AGUAS RESIDUALES.*  
[https://www.upct.es/~minaeecs/analisis\\_aguas.pdf](https://www.upct.es/~minaeecs/analisis_aguas.pdf)
- Jiménez Marcatoma, M. B. (2017). *EL DESARROLLO ENCONÓMICO LOCAL; DEL CANTÓN GIRÓN, COMO MODELO DE GESTIÓN PARTICIPATIVA [UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA].*  
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/13666/1/UPS-CT006936.pdf>
- Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental., Legislation 418 (2004).  
<https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/LEY-DE-PREVENCIÓN-Y-CONTROL-DE-LA-CONTAMINACIÓN-AMBIENTAL.pdf>
- Metcalf, L., & Eddy, H. (2003). *Ingeniería De Aguas Residuales Tratamiento Vertido y Reutilización: I* (A. García, Ed.; 4th Edición).
- Metcalf, L., & Eddy, H. P. (1995). *Redes de alcantarillado y bombeo* (Vol. 2). McGraw-Hill.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2015). *NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES RECURSO AGUA. Anexo 1, Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente.*
- ODS 6 – ODS Ecuador.* (s/f). Recuperado el 10 de noviembre de 2025, de  
<https://www.odsecuador.ec/?p=809>
- Osorio Rivera, M. Á., Carrillo Barahona, W. E., Negrete Costales, J. H., Loor Lalvay, X. A., & Riera Guachichullca, E. J. (2021, abril 1). *La calidad de las aguas residuales domésticas.*  
<https://doi.org/10.23857/pc.v6i3.2360>

- Pacheco, E., & Arruda, C. (2007). *Tratamiento de Esgotos Domésticos* (6a ed.).
- Peralta Sánchez, M. V. (2022). *PERCEPCIÓN DE LA COMUNIDAD EDUCATIVA SOBRE EL MODELO DE EDUCACIÓN VIRTUAL EN TIEMPOS DE PANDEMIA EN LA UNIDAD EDUCATIVA AGUSTÍN CRESPO HEREDIA DEL CANTÓN GIRÓN*. [Universidad Del Azuay]. <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/11564/1/17096.pdf>
- Ramírez, P., Segarra, C., Machado, F., Valdéz, Y., Cáseres, I., & Moscoso, J. (2015). PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTOTERRITORIAL DEL CANTON GIRON 2014-2019. En 2015.
- Romero Rojas, J. (1999). *Tratamiento de Aguas Residuales Teoría y Principios de Diseño*.
- Secretaría del Agua. (2012). *NORMA DE DISEÑO PARA SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, DISPOSICIÓN DE EXCRETAS Y RESIDUOS LÍQUIDOS EN EL ÁREA RURAL* (p. 38). <https://inmobiliariadja.wordpress.com/wp-content/uploads/2016/09/norma-co-10-7-602-area-rural.pdf>
- Verdugo, V. (2026). *INFORME DE LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO PARA LA VÍA TROZANA*.

## **Anexos**

### **Anexo 1: Fotografías de la socialización con la comunidad**



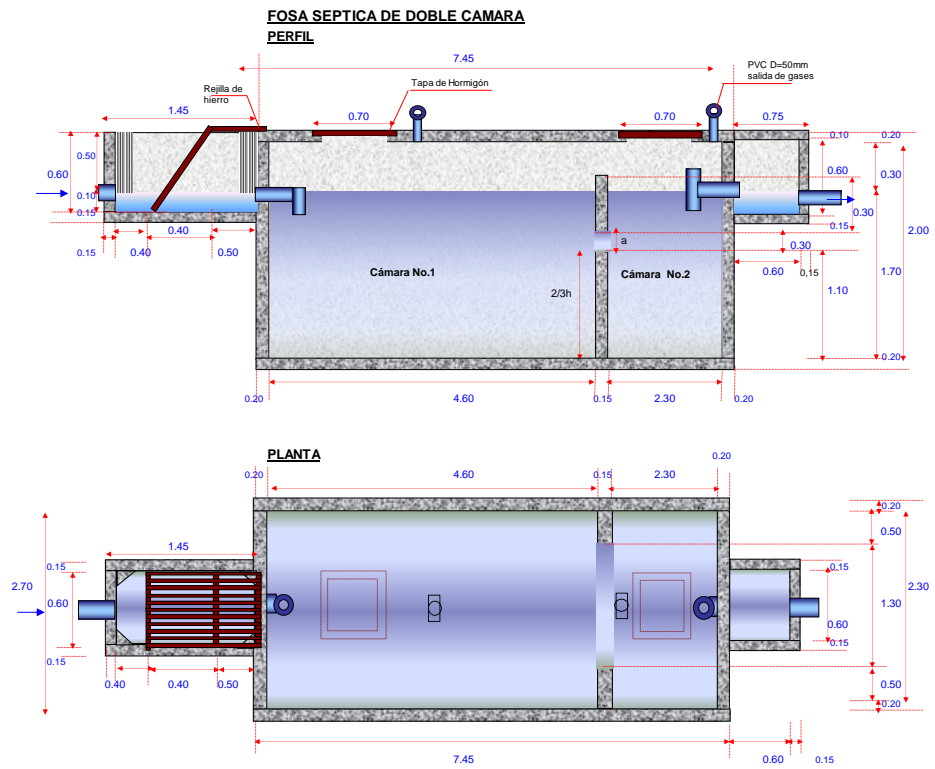
### **Anexo 2: Fotografías del recorrido de reconocimiento de campo**



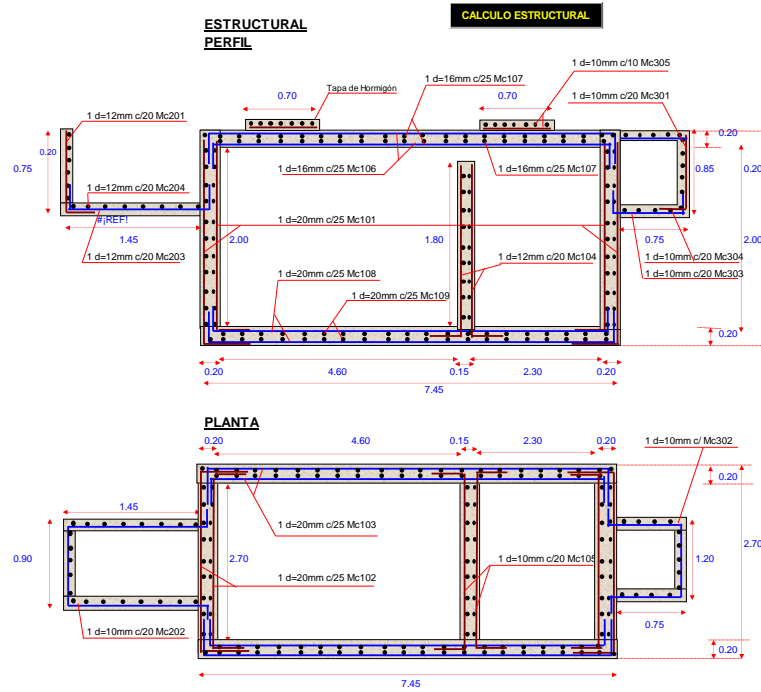
### Anexo 3: Fotografías del levantamiento topográfico con estación total



### Anexo 4: Vistas perfil/planta de la fosa séptica

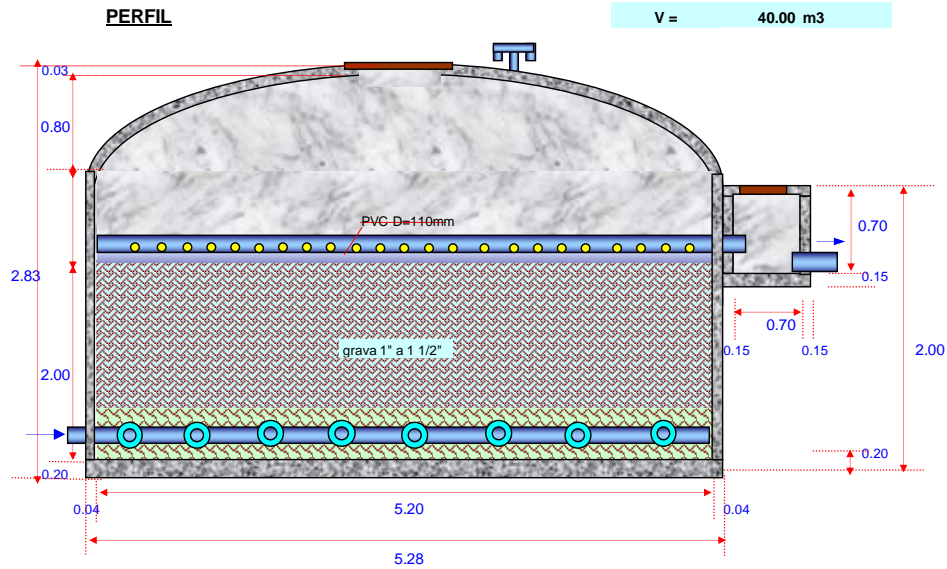


## Anexo 5: Plano estructural de la fosa séptica (acero, hormigón)

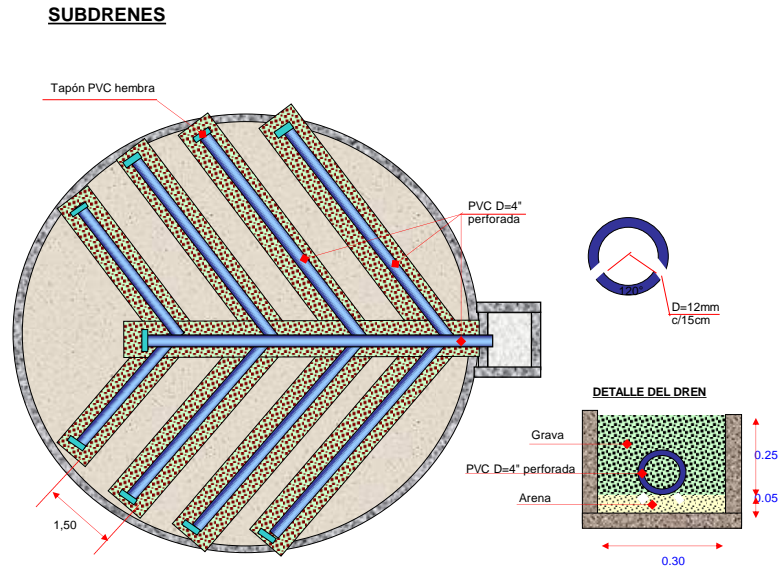


## Anexo 6: Plano constructivo del FAFA

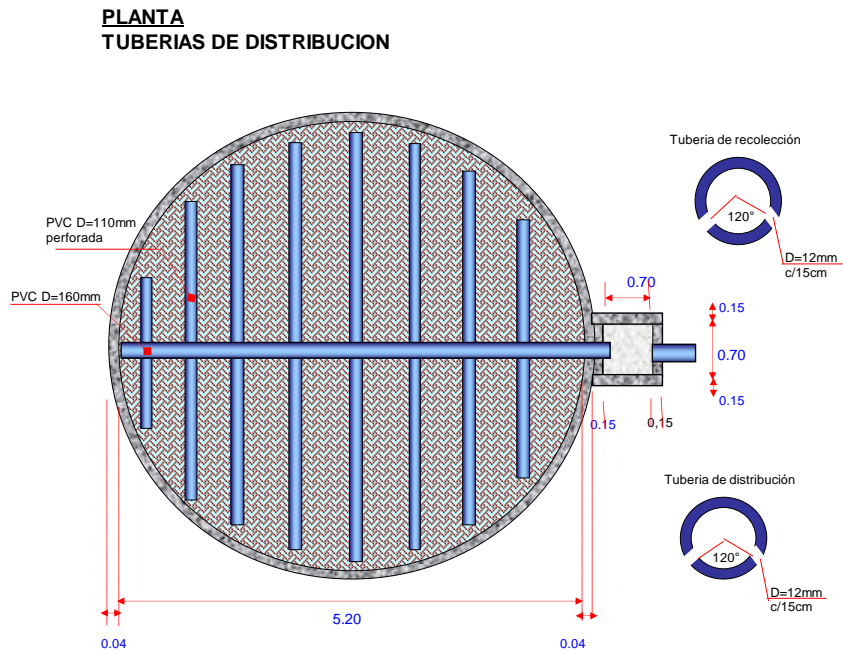
### FILTRO ANAEROBIO DE FLUJO ASCENSIONAL



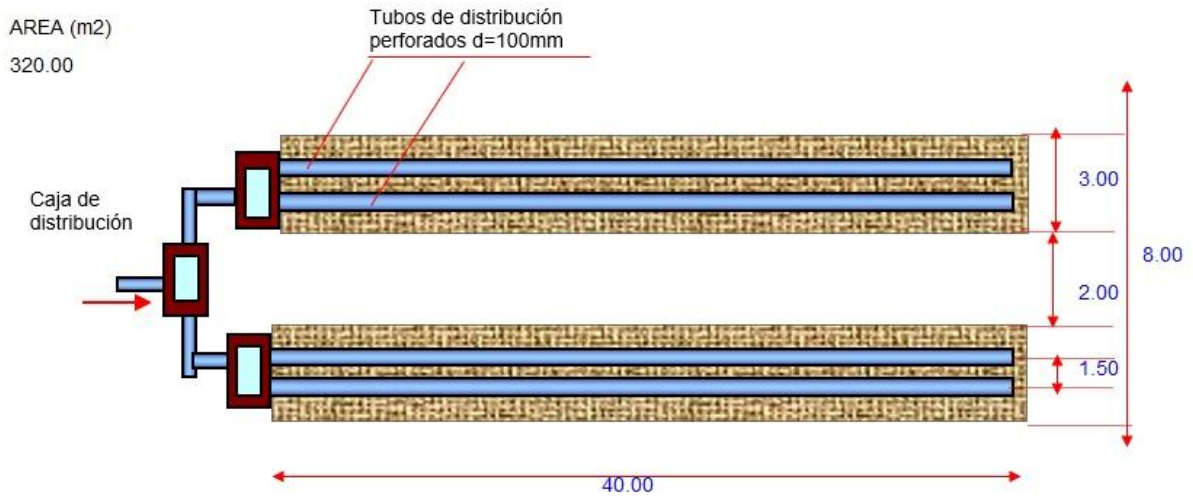
## Anexo 7: Plano del sistema de subdrenes del campo de infiltración



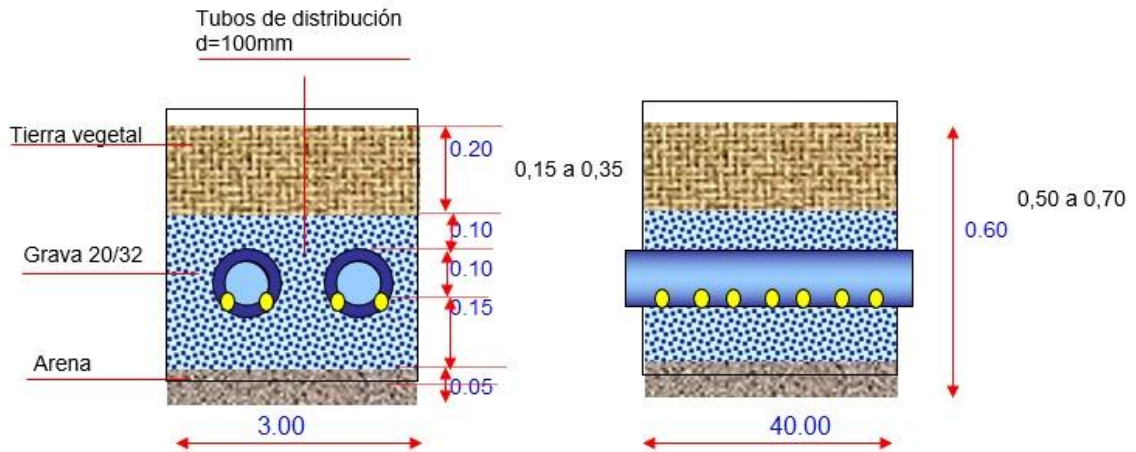
## Anexo 8: Plano planta tuberías de distribución (PVC 110 mm y 160 mm)



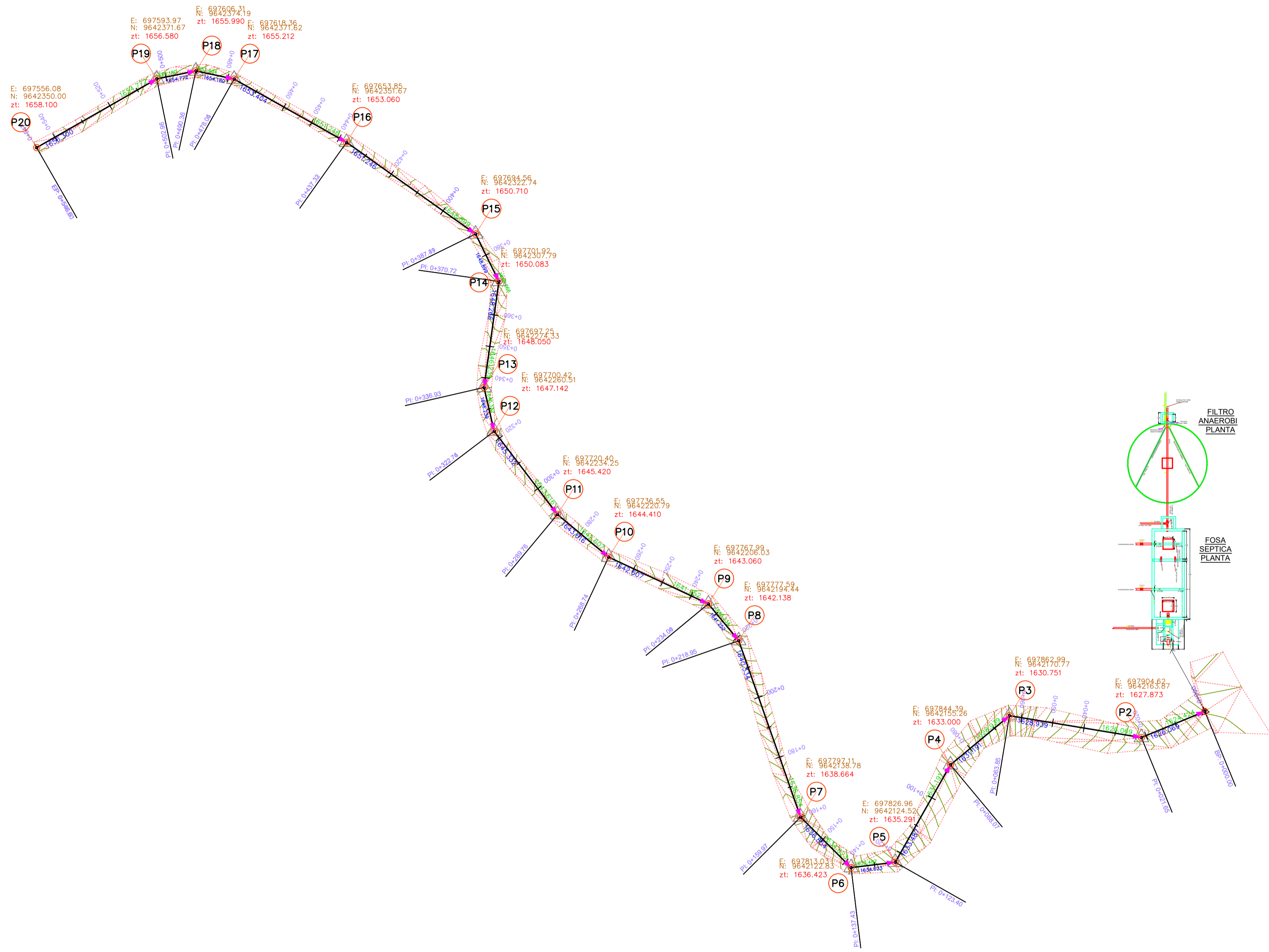
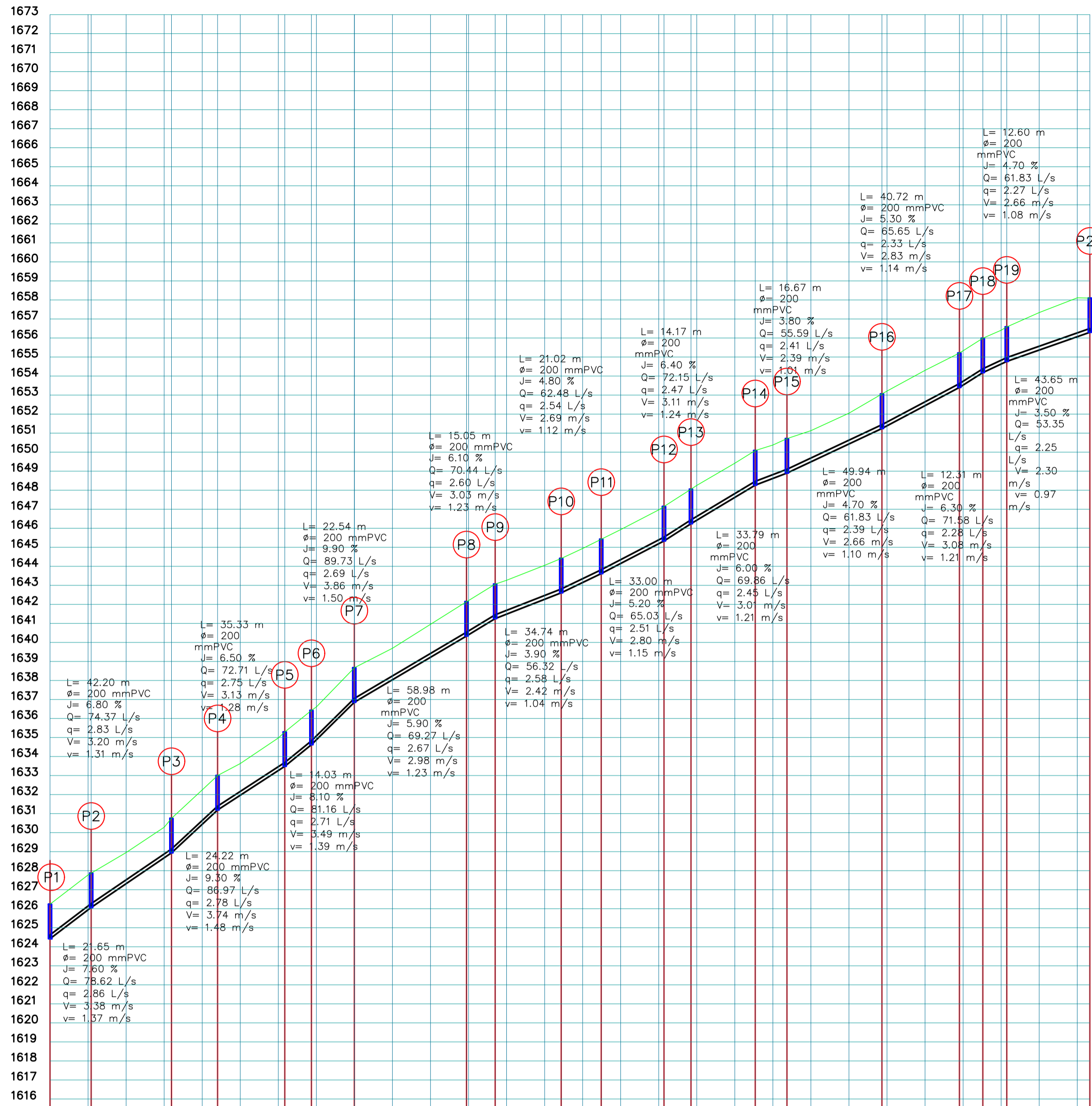
### Anexo 9: Planta del lecho filtrante



### Anexo 10: Sección y perfil del lecho filtrante



### Anexo 11: Planos finales del proyecto



ABSCISAS	0+000.00	0+020.00	0+040.00	0+060.00	0+080.00	0+100.00	0+120.00	0+140.00	0+160.00	0+180.00	0+200.00	0+220.00	0+240.00	0+260.00	0+280.00	0+300.00	0+320.00	0+340.00	0+360.00	0+380.00	0+400.00	0+420.00	0+440.00	0+460.00	0+480.00	0+500.00	0+520.00	0+540.61	
TERRENO	1626.238	1627.774	1628.954	1630.282	1632.244	1633.000	1634.975	1636.433	1638.657	1641.191	1644.051	1647.138	1650.433	1654.040	1658.058	1662.487	1667.337	1672.517	1678.027	1683.877	1690.067	1696.607	1703.507	1710.767	1718.387	1726.367	1734.707	1743.407	1752.457
PROYECTO	1626.238	1627.774	1628.954	1630.282	1632.244	1633.000	1634.975	1636.433	1638.657	1641.191	1644.051	1647.138	1650.433	1654.040	1658.058	1662.487	1667.337	1672.517	1678.027	1683.877	1690.067	1696.607	1703.507	1710.767	1718.387	1726.367	1734.707	1743.407	1752.457
CORTE/RELLENO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Perfil Longitudinal

Escala: 1:1750

Planta

Escala: 1:850

Resumen cantidades de obra											
POZO No.		TUBERIA				COTAS					
Inicial	final	LONGITUD [m]	MATERIAL	DIAMETRO [mm]	J a/o	TERRENO Inicial	Final	PROYECTO Inicial	Final	Inicio	Final
P20	P19	43.650	PVC	200.00	35.00	1.658.10	1.656.58	1.656.30	1.654.77		
P19	P18	12.600	PVC	200.00	47.00	1.656.58	1.655.99	1.654.77	1.654.18		
P18	P17	12.310	PVC	200.00	63.00	1.655.99	1.655.21	1.654.18	1.653.40		
P17	P16	40.720	PVC	200.00	53.00	1.655.21	1.653.06	1.653.40	1.651.25		
P16	P15	49.940	PVC	200.00	47.00	1.653.06	1.650.71	1.651.25	1.648.90		
P15	P14	16.670	PVC	200.00	38.00	1.650.71	1.650.08	1.648.90	1.648.27		
P14	P13	33.790	PVC	200.00	60.00	1.650.08	1.648.05	1.648.27	1.646.24		
P13	P12	14.170	PVC	200.00	64.00	1.648.05	1.647.14	1.646.24	1.645.33		
P12	P11	33.000	PVC	200.00	52.00	1.647.14	1.645.42	1.645.33	1.643.62		
P11	P10	21.020	PVC	200.00	48.00	1.645.42	1.644.41	1.643.62	1.642.61		
P10	P9	34.740	PVC	200.00	39.00	1.644.41	1.643.06	1.642.61	1.641.25		
P9	P8	15.050	PVC	200.00	61.00	1.643.06	1.642.14	1.641.25	1.640.33		
P8	P7	58.980	PVC	200.00	59.00	1.642.14	1.638.66	1.640.33	1.636.85		
P7	P6	22.540	PVC	200.00	99.00	1.638.66	1.636.42	1.636.85	1.634.62		
P6	P5	14.030	PVC	200.00	81.00	1.636.42	1.635.29	1.634.62	1.633.49		
P5	P4	35.330	PVC	200.00	65.00	1.635.29	1.633.00	1.633.49	1.631.19		
P4	P3	24.220	PVC	200.00	93.00	1.633.00	1.630.75	1.631.19	1.628.94		
P3	P2	42.200	PVC	200.00	68.00	1.630.75	1.627.87	1.628.94	1.626.07		
P2	P1	21.650	PVC	200.00	76.00	1.627.87	1.626.24	1.626.07	1.624.42		
TOTAL					646.61						

Excavación a mano					
POZO No.	EXCAVACION	EXCAV. MANO		EXCAVACION	
		SIN CLASIFICAR	h=[0-2m]	h=[0-2m]	A MANO
Inicial	final	TOTAL	m³	m³	TOTAL
P20	P19	78.000	5.460	2.340	7.800
P19	P18	22.578	1.580	0.677	2.258
P18	P17	22.058	1.544	0.662	2.206
P17	P16	72.966	5.108	2.189	7.297
P16	P15	89.487	6.264	2.685	8.949
P15	P14	29.953	2.097	0.899	2.995
P14	P13	60.716	4.250	1.821	6.072
P13	P12	25.391	1.777	0.762	2.539
P12	P11	58.969	4.128	1.769	5.897
P11	P10	37.458	2.622	1.124	3.746
P10	P9	62.079	4.346	1.862	6.208
P9	P8	26.894	1.883	0.807	2.689
P8	P7	105.394	7.378	3.162	10.539
P7	P6	40.278	2.819	1.208	4.028
P6	P5	25.001	1.750	0.750	2.500
P5	P4	63.133	4.419	1.894	6.313
P4	P3	43.400	3.038	1.302	4.340
P3	P2	75.409	5.279	2.262	7.541
P2	P1	38.687	2.708	1.161	3.869
TOTAL		977.853	68.450	29.336	97.785

Excavación mecánica					
POZO No.	EXCAVACION	EXC. MECANICA		EXC. MECANICA	
		SIN CLASIFICAR	h=[0-2m]	ROCA	CONSOLIDACION
Inicial	final	TOTAL	m³	m³	TOTAL
P20	P19	70.200	42.120	21.060	3.510
P19	P18	20.320	12.192	6.096	1.016
P18	P17	19.852	11.911	5.956	0.993
P17	P16	65.670	39.402	19.701	3.283
P16	P15	80.539	48.323	24.162	4.027
P15	P14	26.958	16.175	8.087	1.348
P14	P13	54.644	32.786	16.393	2.732
P13	P12	22.852	13.711	6.856	1.143
P12	P11	53.072	31.843	15.922	2.654
P11	P10	33.712	20.227	10.114	1.686
P10	P9	55.871	33.522	16.761	2.794
P9	P8	24.204	14.523	7.261	1.210
P8	P7	94.855	56.913	28.456	4.743
P7	P6	36.250	21.750	10.875	1.813
P6	P5	22.501	13.501	6.750	1.125
P5	P4	56.820	34.092	17.046	2.841
P4	P3	39.060	23.436	11.718	1.953
P3	P2	67.868	40.721	20.361	3.393
P2	P1	34.819	20.891	10.446	1.741
TOTAL		880.068	528.041	264.020	44.003

Relleño											
POZO No.	RELLENO	TAPADO		CARGADA		TRANSPORTE		MATERIAL		ALTIMETRIA	
		MAQUINA	ZANJA	MAQUINA	MANO	MAQUINA	MANO	< 5km	> 5km	PROMEDIO	OBSERVACION
Inicial	final	TOTAL	m³	m³	m³	m³	m³	m³	m³	m³	BASE ZANJA
P20	P19	76.491	50.484	13.768	12.239	60.452	20.151	80.603	564.222	61.958	1.322
P19	P18	22.142	14.614	3.966	3.543	17.496	5.833	23.331	163.318	17.935	1.325
P18	P17	21.612	14.275	3.894	3.461	17.066	5.699	22.794	159.560	17.522	1.325
P17	P16	71.557	47.228	12.880	11.449	56.550	18.850	75.400	527.802	57.961	1.325
P16	P15	87.760	57.921	15.797	14.042	69.355	23.118	92.473	647.309	71.085	1.325
P15	P14	29.377	19.389	4.288	4.700	23.214	7.738	30.952	216.666	23.795	1.329
P14	P13	59.545	39.300	10.718	9.527	47.055	15.685	62.740	439.183	48.232	1.329
P13	P12	24.901	16.434	4.442	3.984	19.679	6.560	26.238	183.669	28.169	1.325
P12	P11	57.827	38.166	10.409	9.252	45.703	15.214	60.937	426.562	46.840	1.322
P11	P10	36.730	24.242	6.611	5.877	29.031	9.677	38.708	270.957	29.751	1.318
P10	P9	60.877	40.179	10.858	9.740	48.113	16.038	64.150	449.052	49.310	1.322
P9	P8	26.372	17.406	4.747	4.220	20.843	6.948	27.791	194.538	21.362	1.322
P8	P7	103.352	68.213	18.603	16.536	81.684	27.228	108.912	762.385	83.715	1.322
P7	P6	39.495	26.067	7.109	6.339	31.217	10.406	41.623	291.359	31.991	1.322
P6	P5	24.515	16.180	4.413	3.922	19.377	6.459	25.836	180.855	19.857	1.318
P5	P4	61.809	40.860	11.144	9.985	49.830	16.310	65.240	456.681	50.147	1.322
P4	P3	42.559	28.089	7.661	6.809	33.636	11.212	44.848	311.938	34.473	1.325
P3	P2	73.948	48.805	13.311	11.832	58.445	19.482	77.926	545.484	59.897	1.322
P2	P1	37.937	25.038	6.829	6.070	29.984	9.995	39.979	279.852	30.729	1.322
TOTAL		988.925	632.891	172.607	153.428	757.863	252.621	1.010.484	7.073.391	776.730	1.320

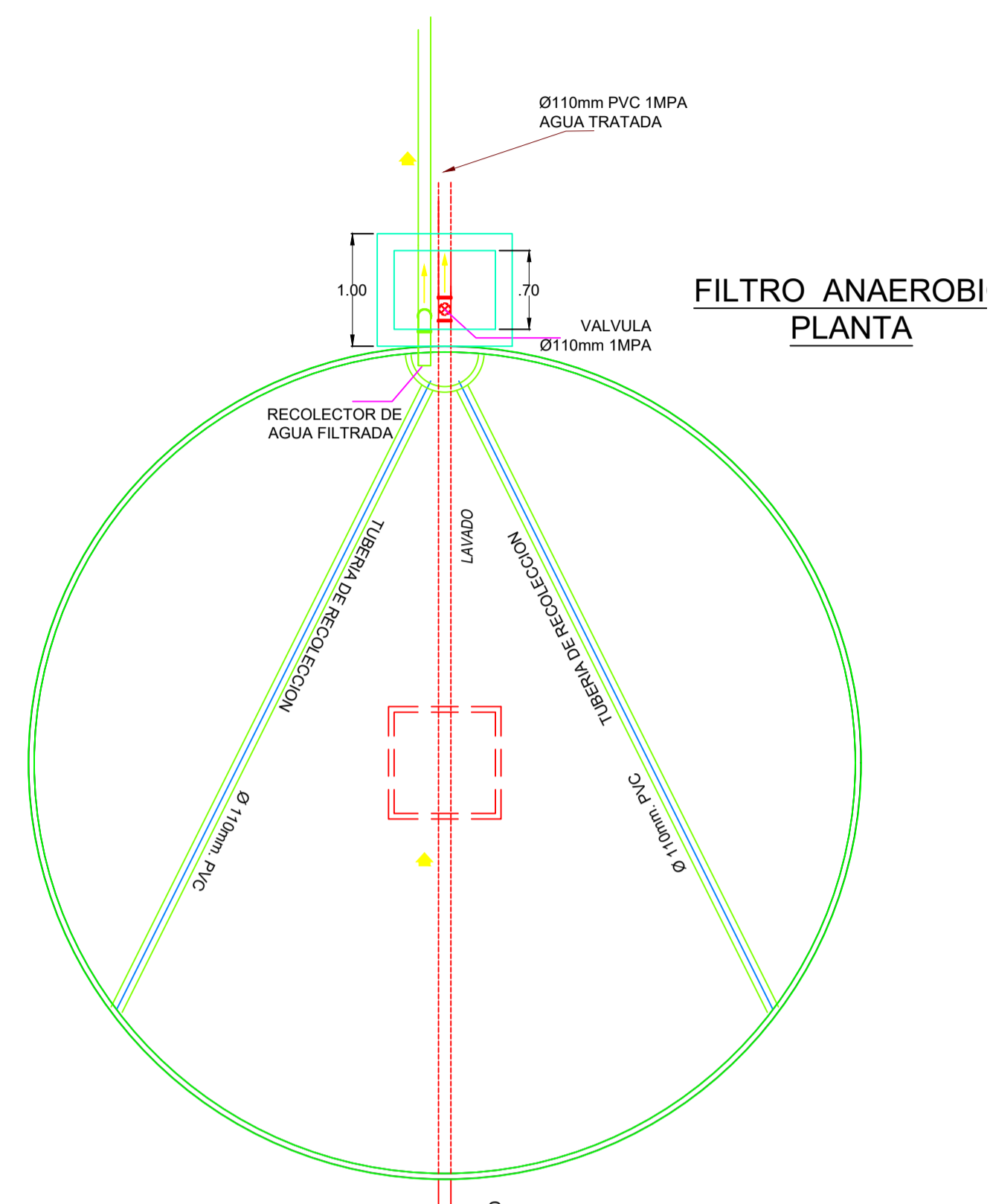
UNIVERSIDAD DEL AZUAY

Proyecto : Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para la Via Trozana, comunidad Corazón de Lentag, parroquia Asunción del Cantón Girón, provincia del Azuay.

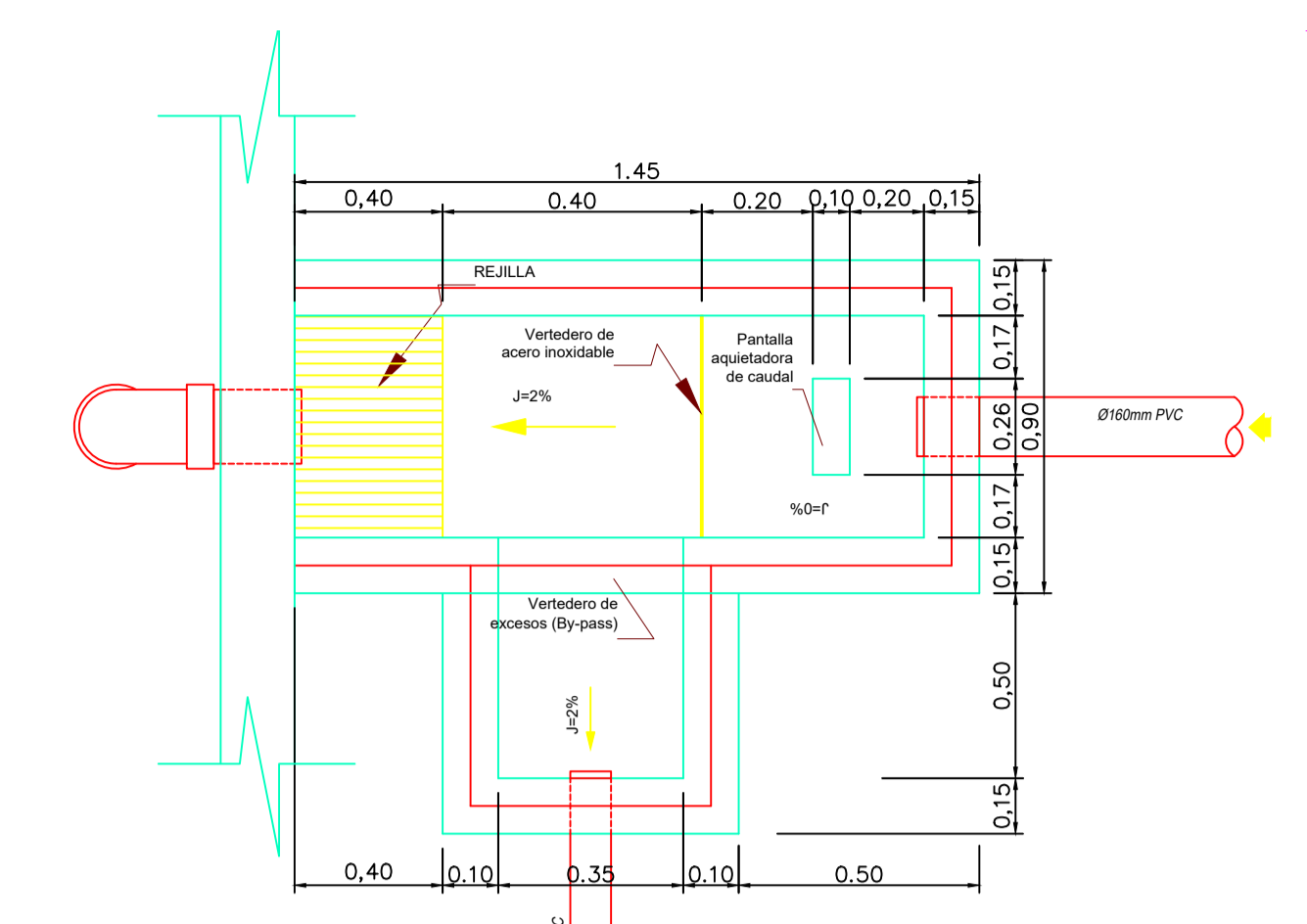
CONTIENE: **Planta y perfil longitudinal de la red de alcantarillado sanitario**

AUTORES: Mateo Moyano-Andrés Vazquez      Revisión: Ing. Josué B. Larriva V.

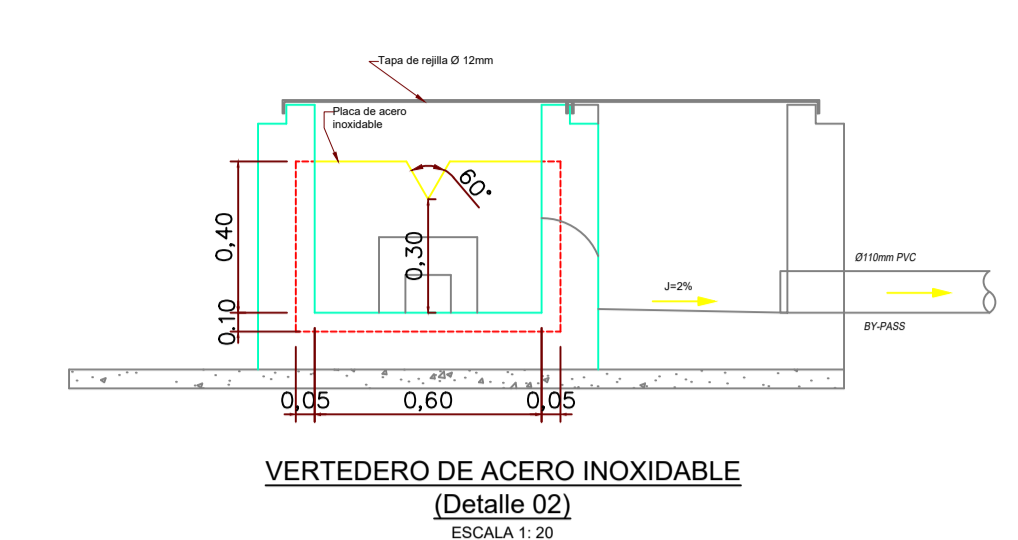
Escala: las indicadas      CUENCA, Mayo/2026      Lámina 1/4



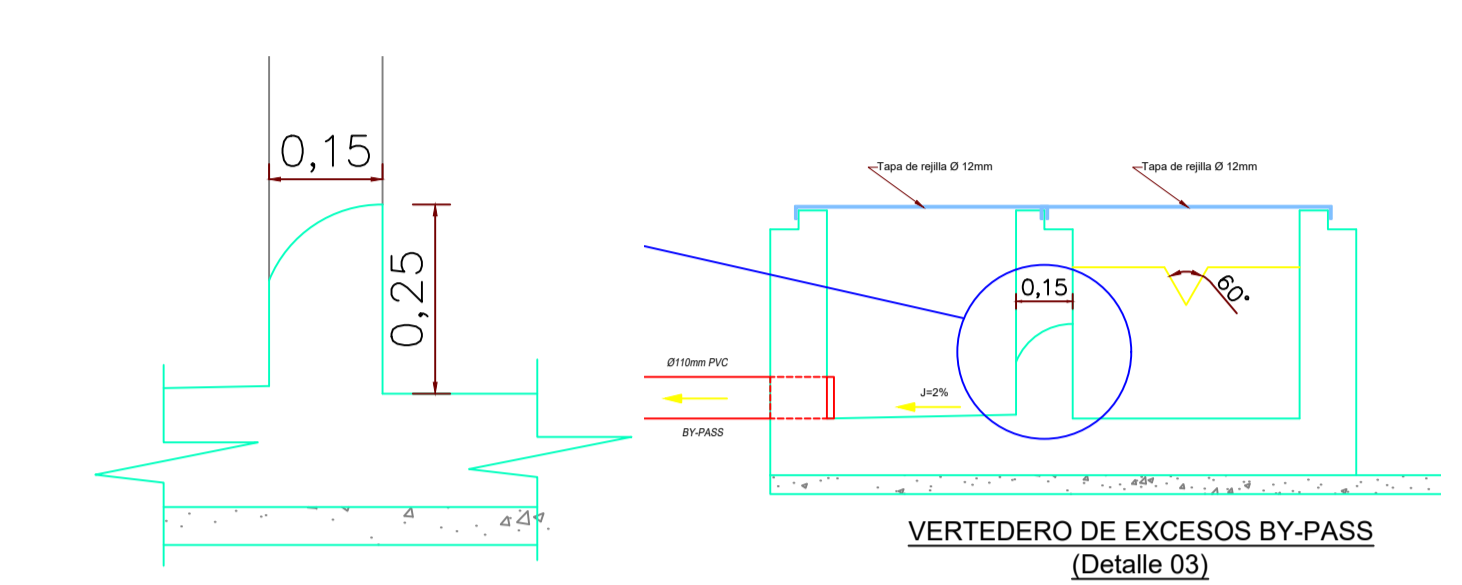
**FILTRO ANAEROBI PLANTA**



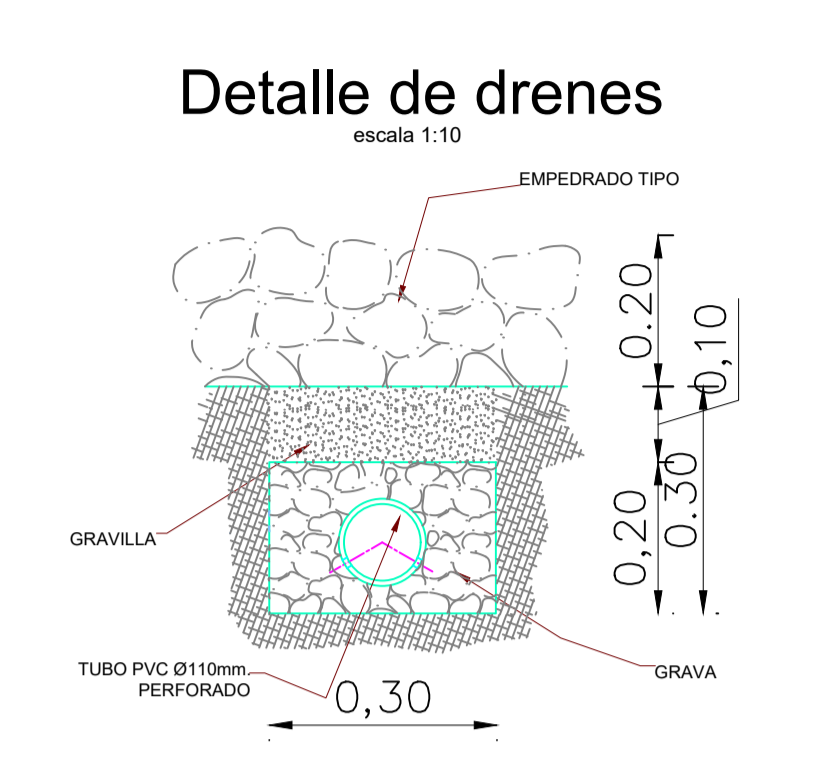
**DETALLE DE CAJON DE LLEGADA A FOSA SEPTICA**  
ESCALA 1:20



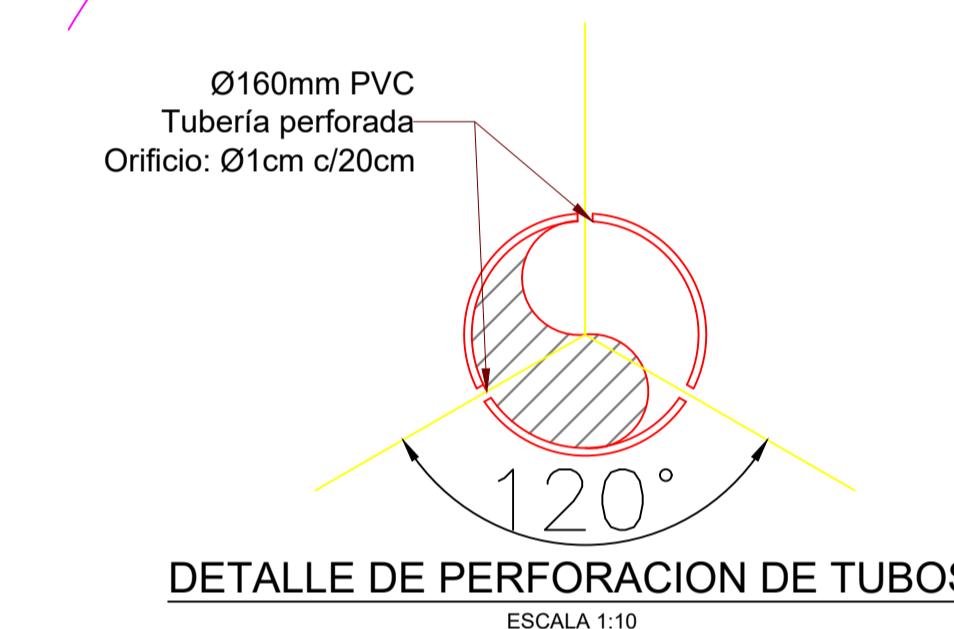
**VERTEDERO DE ACERO INOXIDABLE**  
(Detalle 02)  
ESCALA 1:20



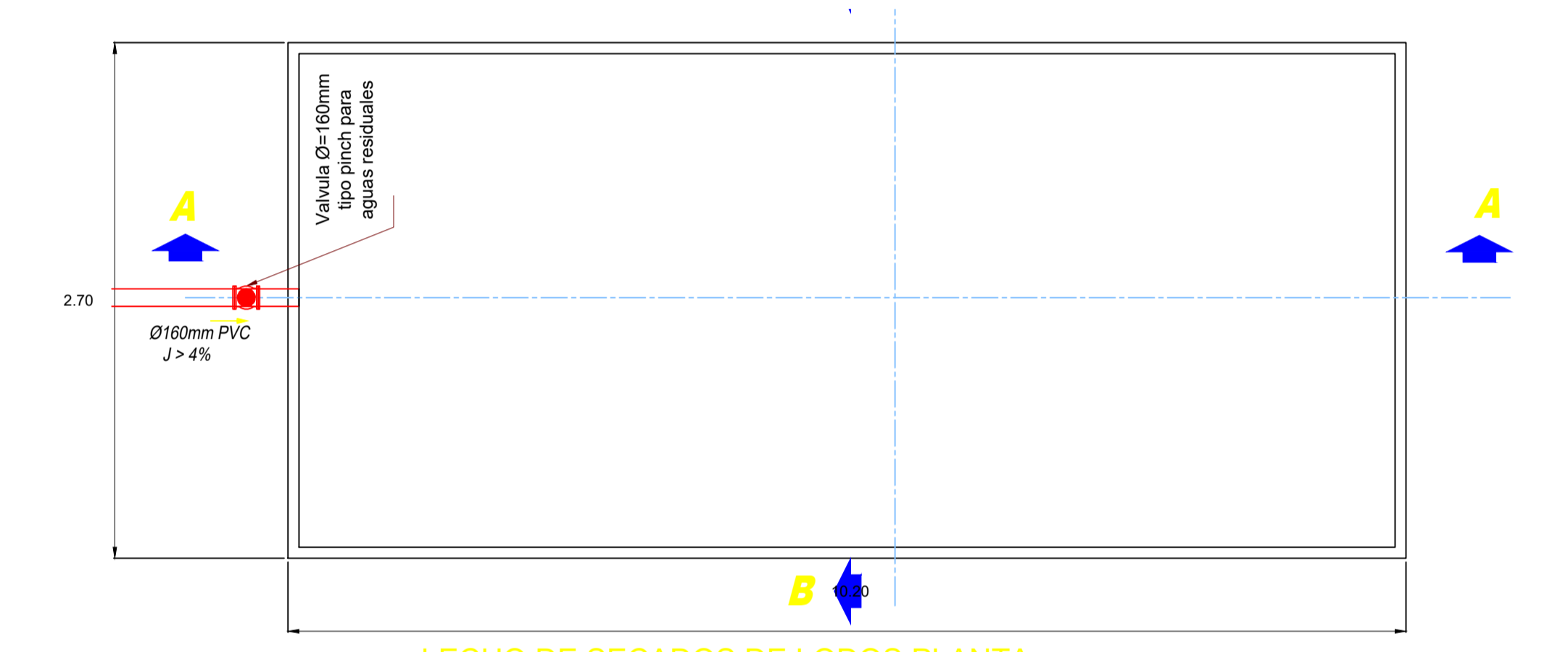
**VERTEDERO DE EXCESOS BY-PASS**  
(Detalle 03)  
ESCALA 1:20



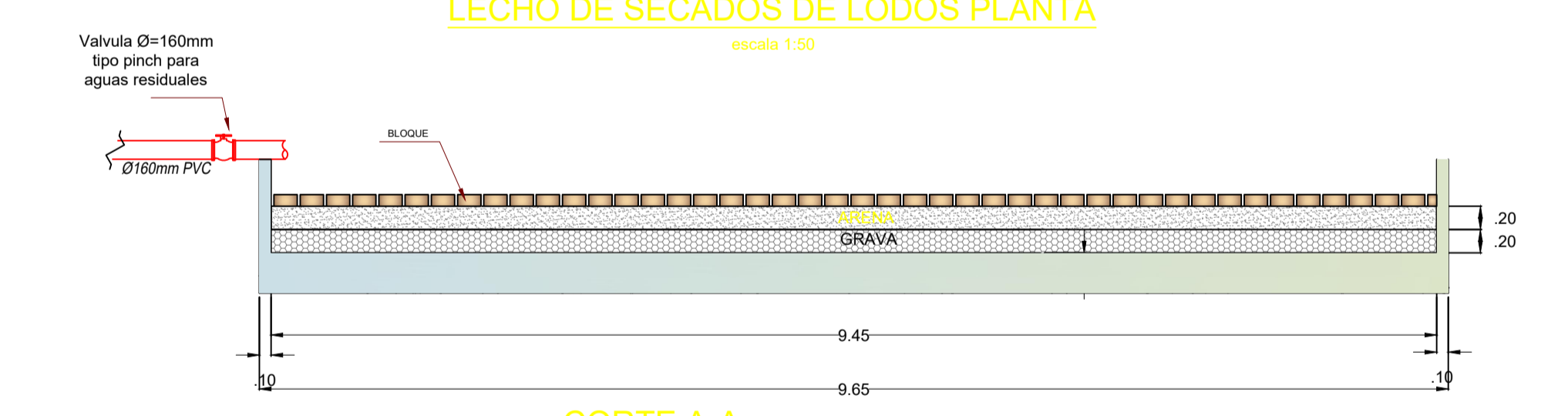
**Detalle de drenes**  
escala 1:10



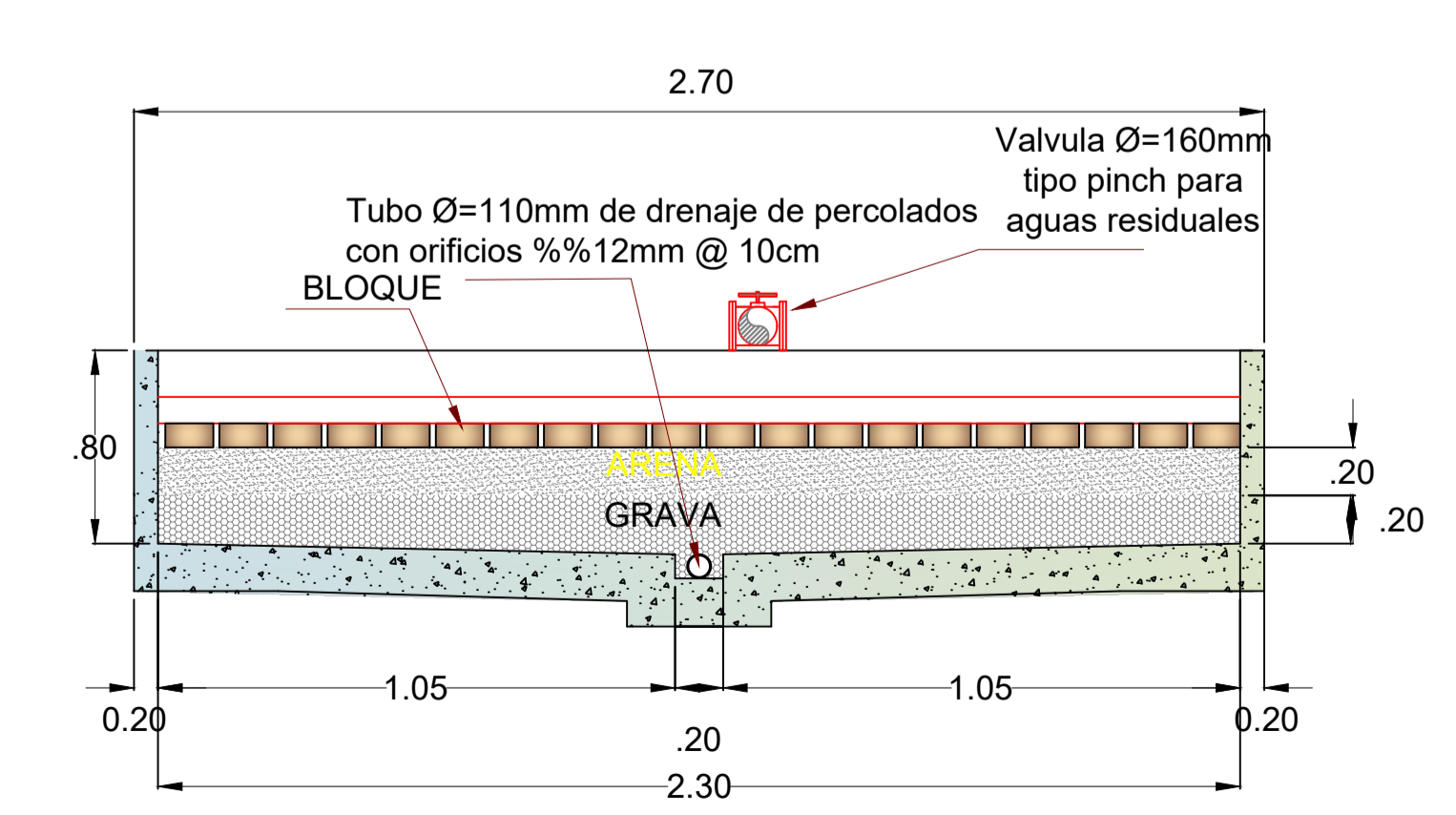
**DETALLE DE PERFORACION DE TUBOS**  
ESCALA 1:10



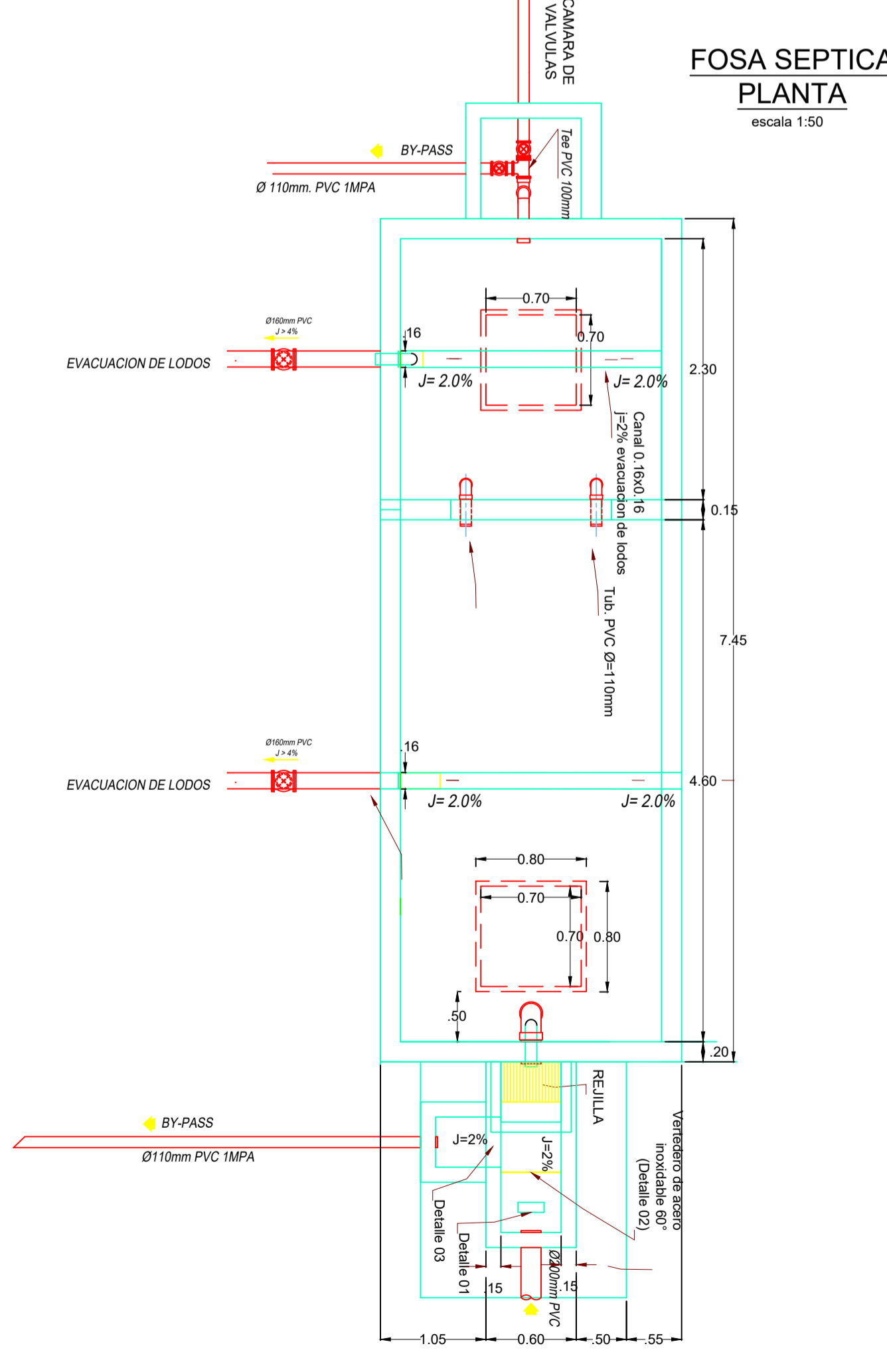
**LECHO DE SECADOS DE LODOS PLANTA**  
escala 1:50



**CORTE A-A**  
escala: 50

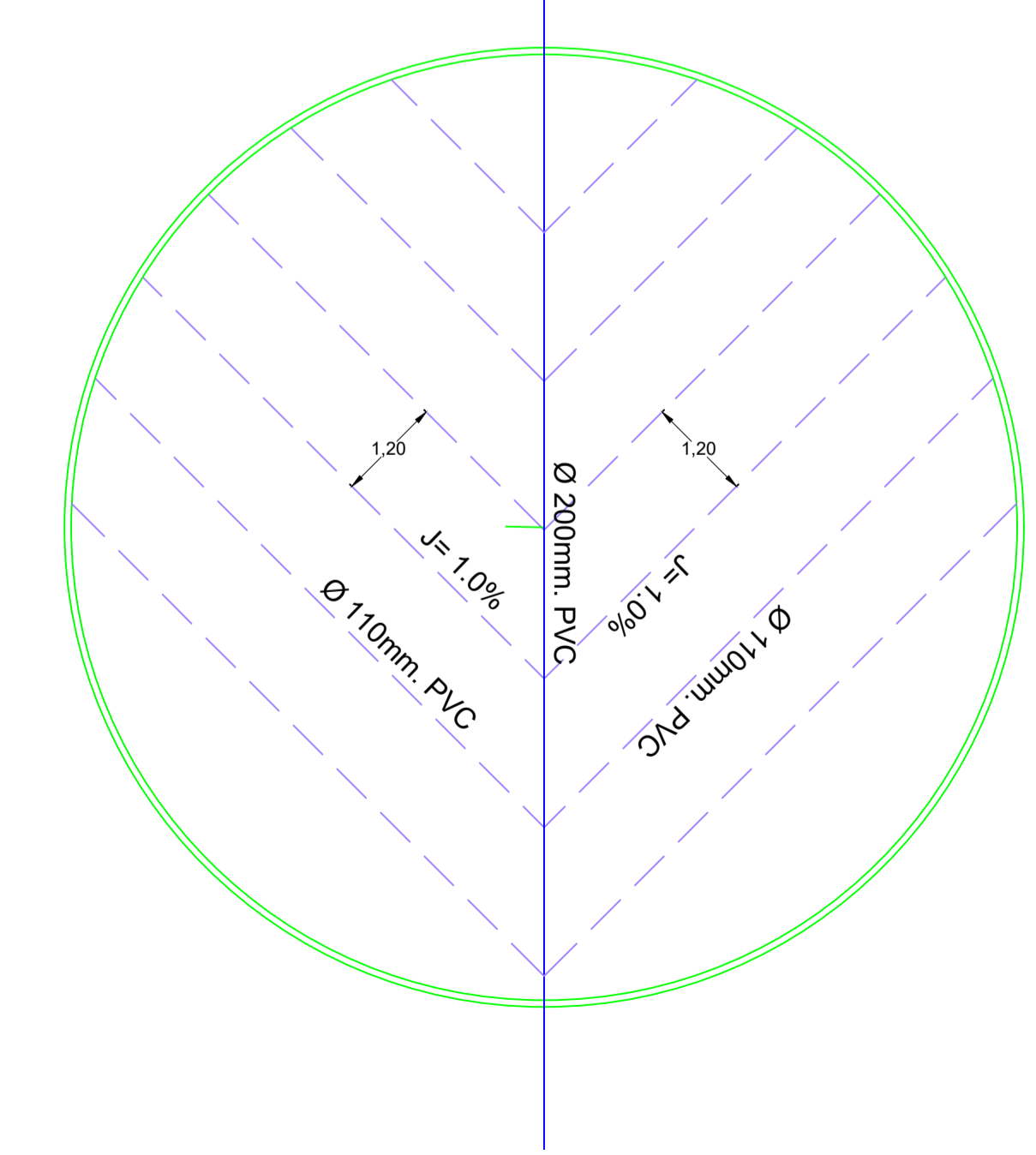


**CORTE B-B**  
escala 1:50

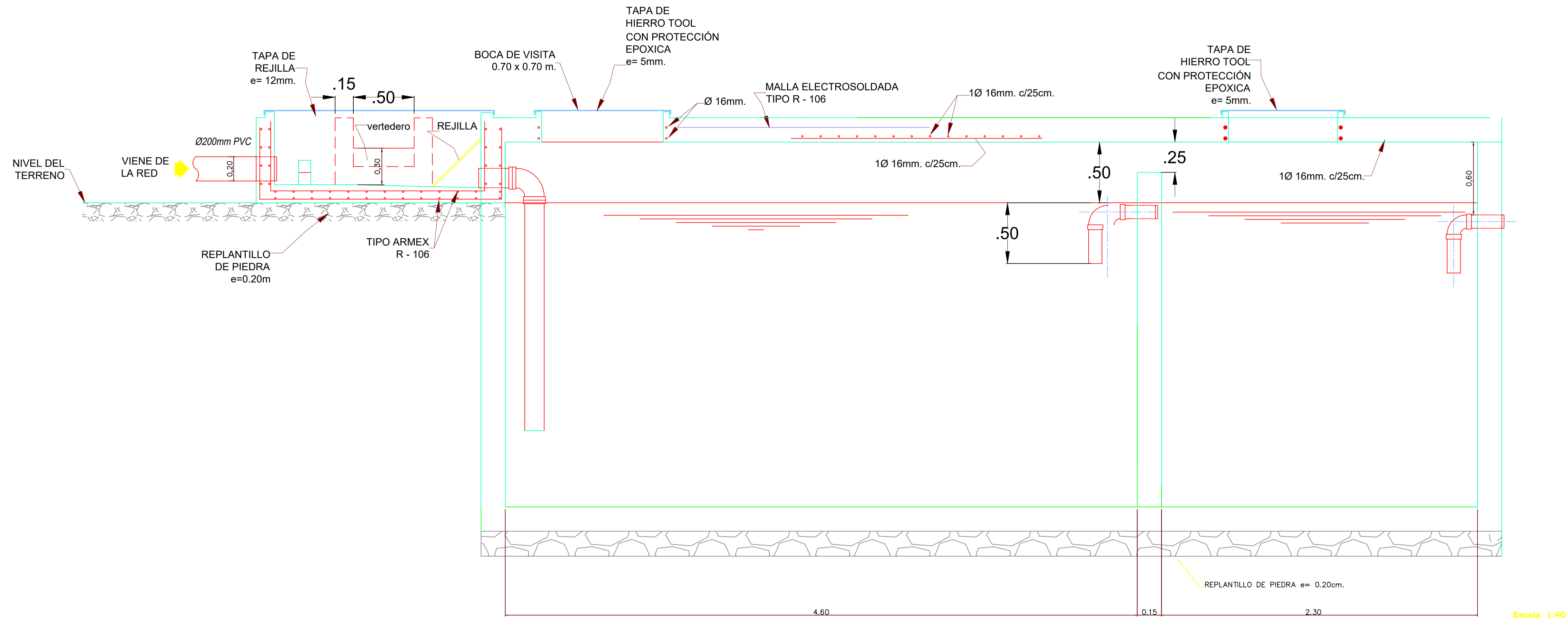


**FOSA SEPTICA PLANTA**  
escala 1:50

**Sistema de Drenaje**  
escala 1:100



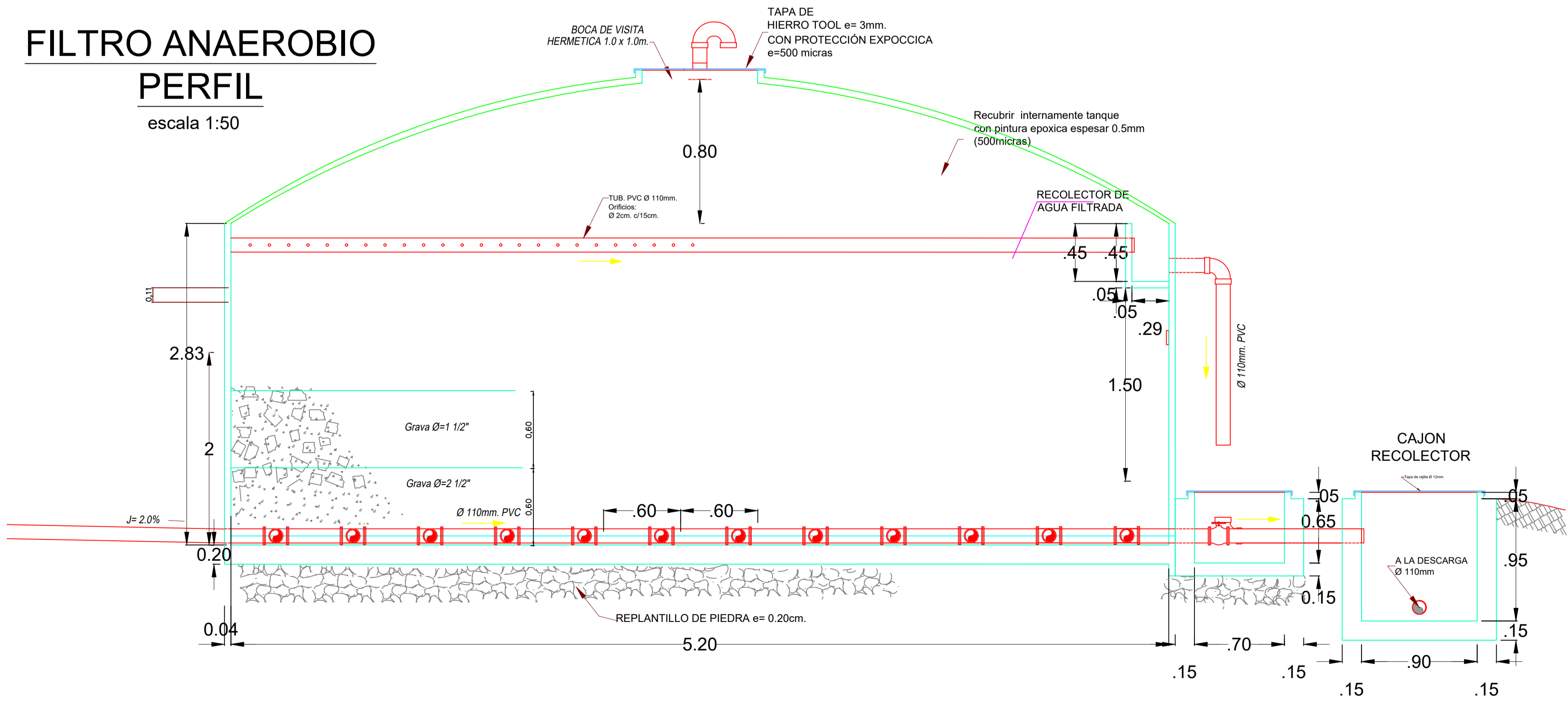
 UNIVERSIDAD DEL AZUAY	
Proyecto : Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para la Via Trozana, comunidad Corazón de Lentag, parroquia Asunción del Cantón Girón, provincia del Azuay.	
<b>CONTIENE:</b> <b>PLANTAS DE FOSA SEPTICA- FILTRO ANAEROBIO</b> <b>LECHO DE SECADO, REPARTIDOR DE CAUDAL</b>	
<b>AUTORES:</b> Mateo Moyano-Andrés Vazquez	<b>Revisión:</b> Ing. Josué B. Larriva V.
<b>Escala</b> las indicadas	CUENCA, Mayo/2026
	Lámina 2/4



Escala 1:40

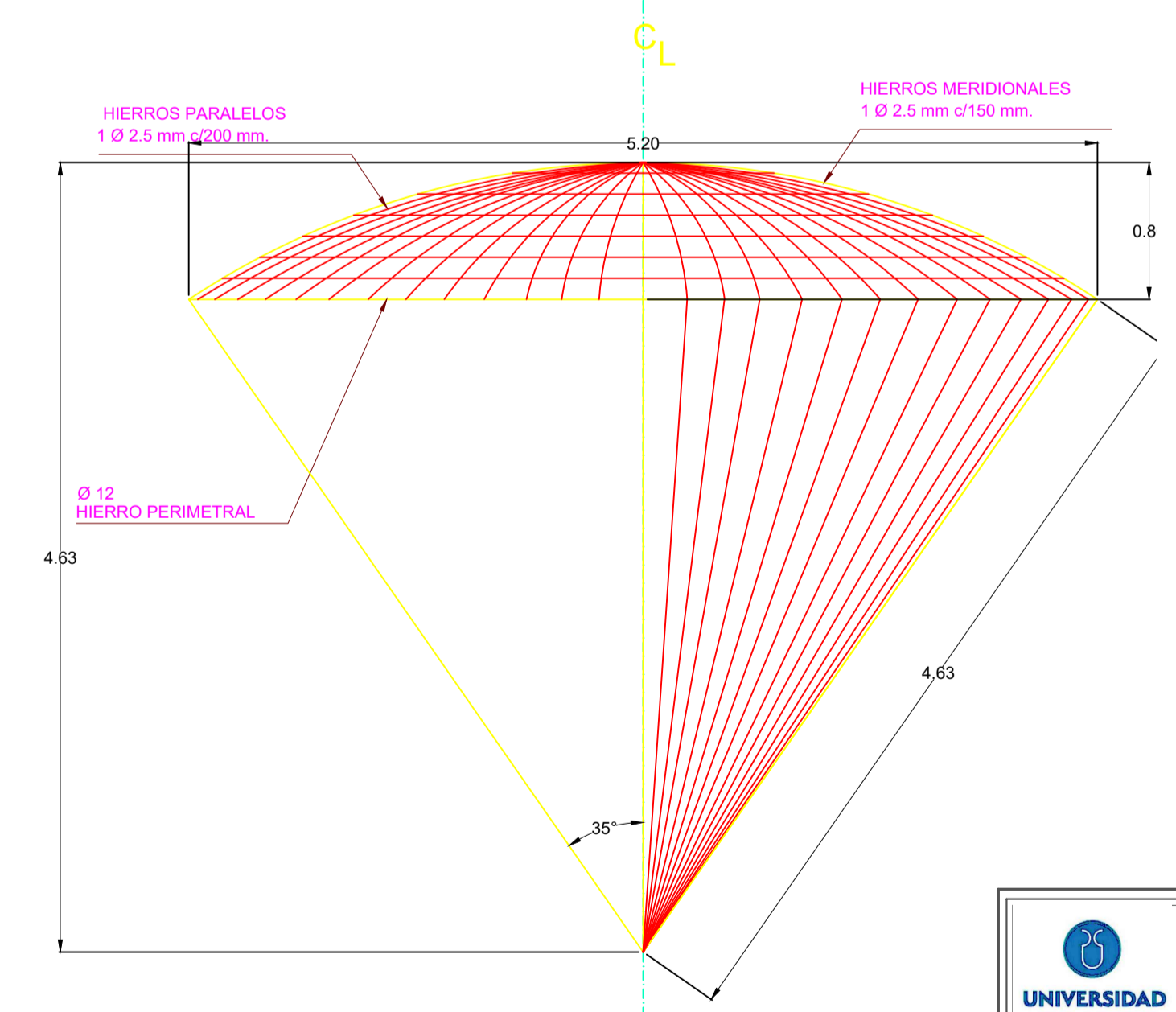
### FILTRO ANAEROBIO PERFIL


escala 1:50



### Armadura tipo de la cupula

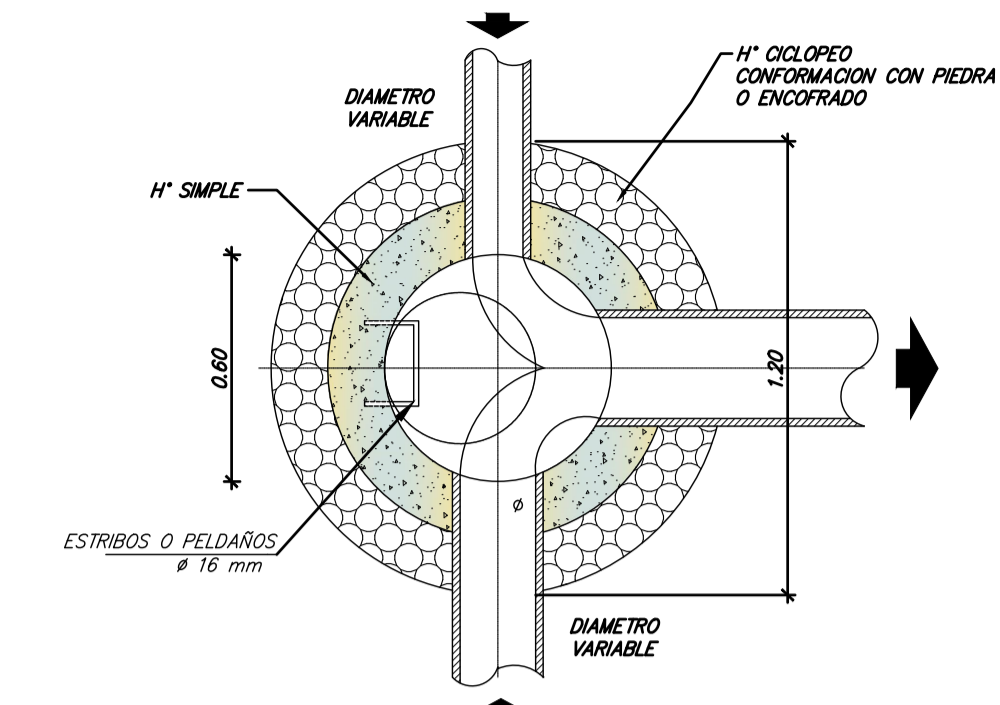
escala: 1:100



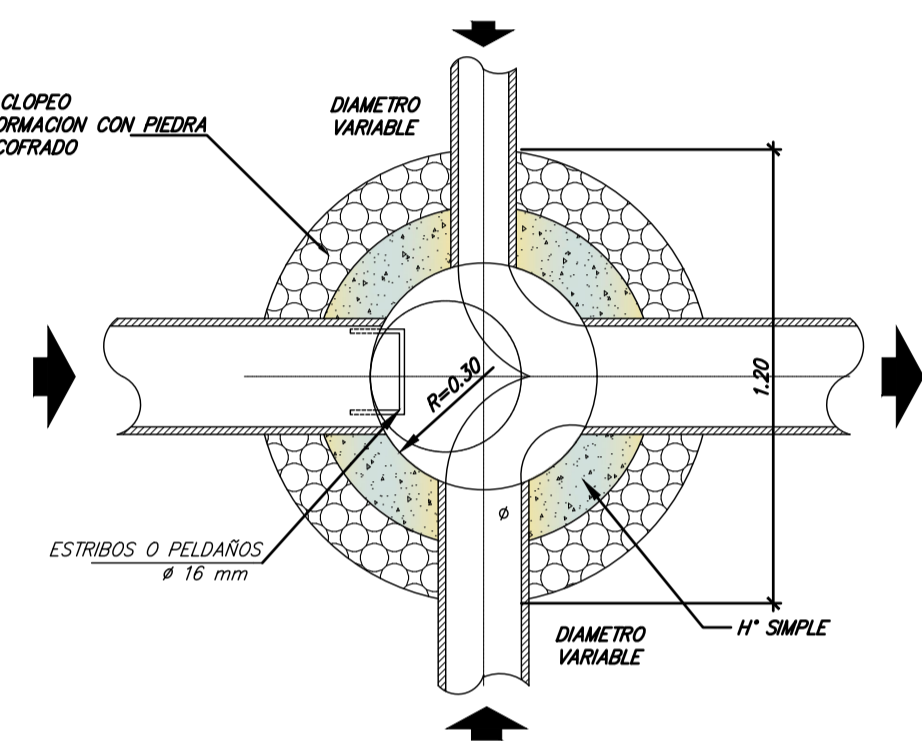
		UNIVERSIDAD DEL AZUAY	
Proyecto : Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para la Via Trozana, comunidad Corazón de Lentag, parroquia Asunción del Cantón Girón, provincia del Azuay.			
<b>CONTIENE:</b> <b>PLANTAS DE FOSA SEPTICA- FILTRO ANAEROBIO</b> <b>LECHO DE SECADO, REPARTIDOR DE CAUDAL</b>			
AUTORES: <b>Mateo Moyano-Andrés Vazquez</b>		Revisión: <b>Ing. Josué B. Larriva V.</b>	
Escala las indicadas		CUENCA, Mayo/2026	
		Lámina 3/4	

# POZOS DE REVISION

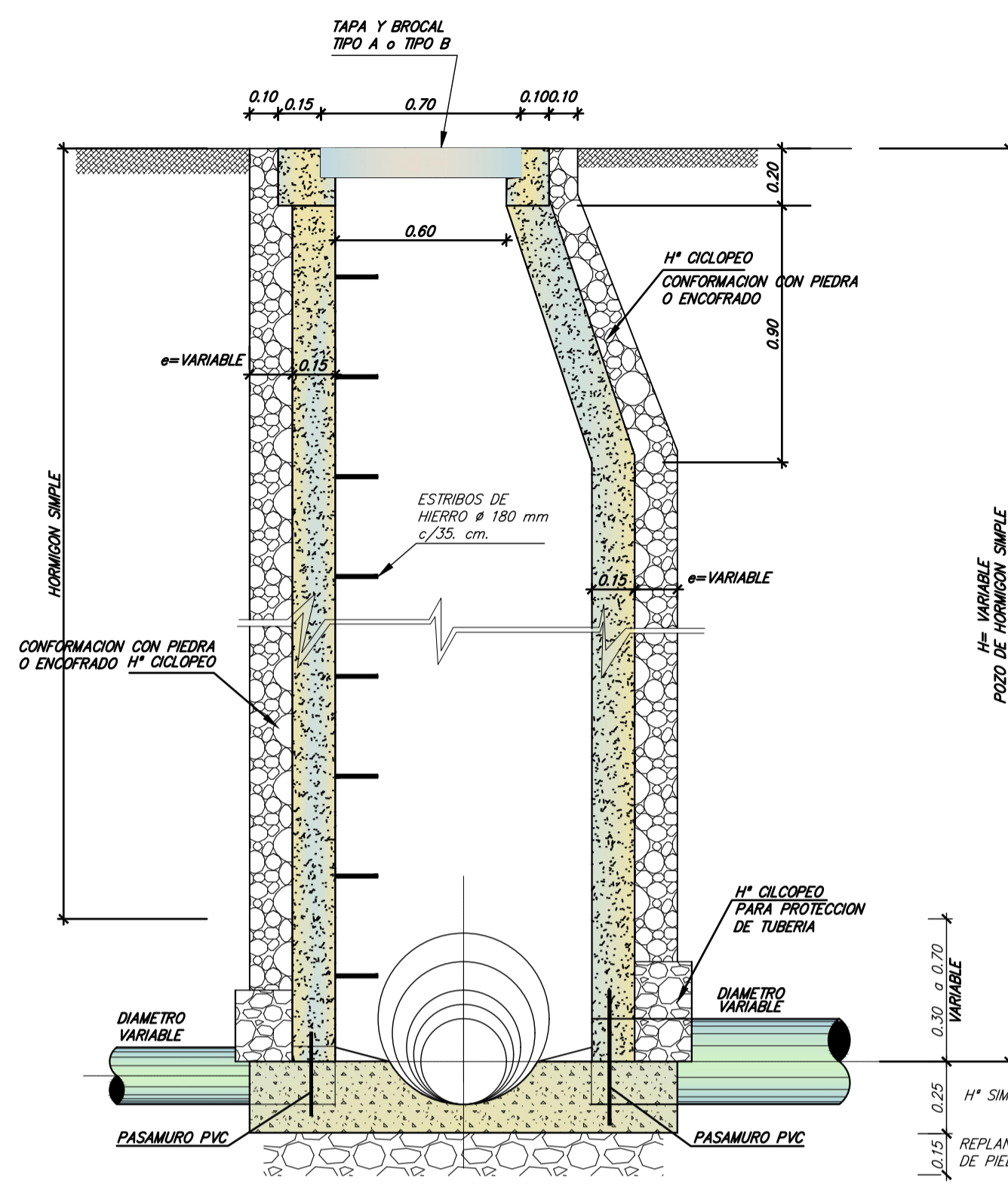
ESC 1:25



EMPALME DE TRES CANALES



EMPALME DE CUATRO CANALES

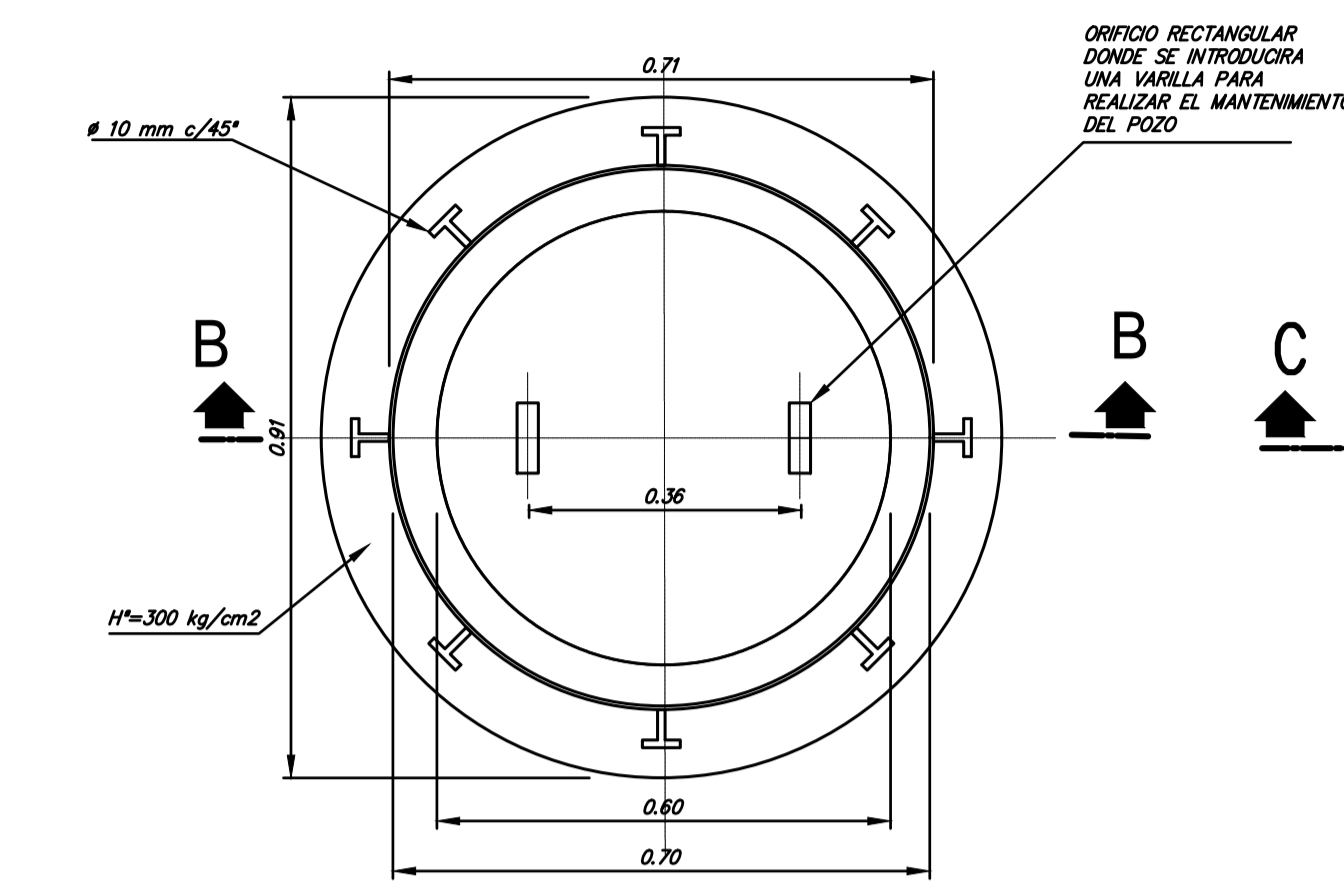


POZO DE REVISION  
SECCION TIPO

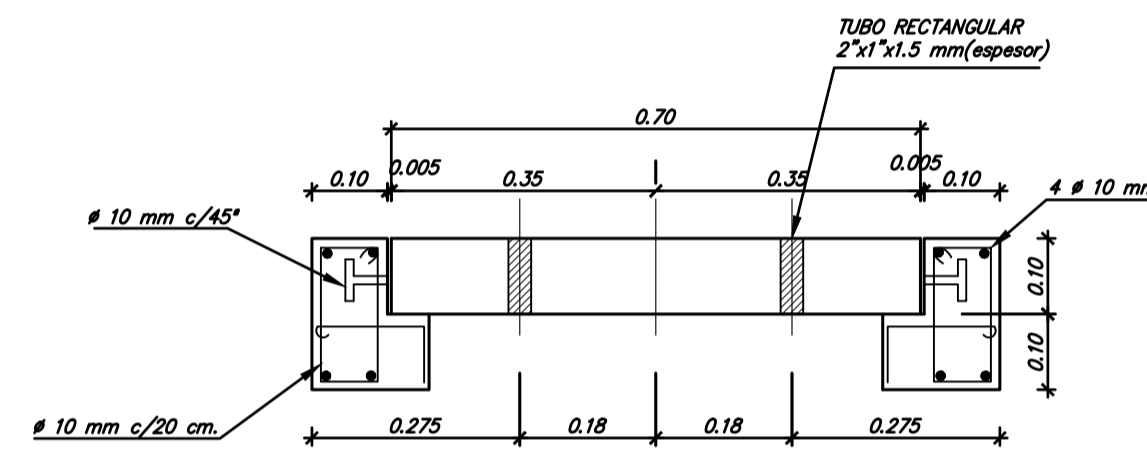
# TAPA Y BROCAL TIPO A

EESC 1:25

## TAPA Y BROCAL

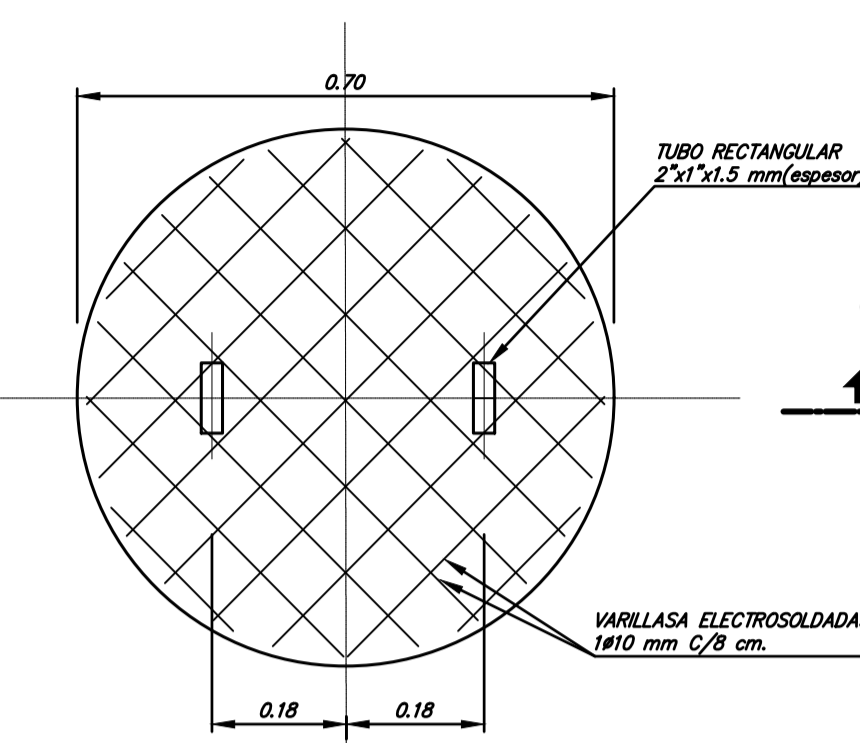


PLANTA

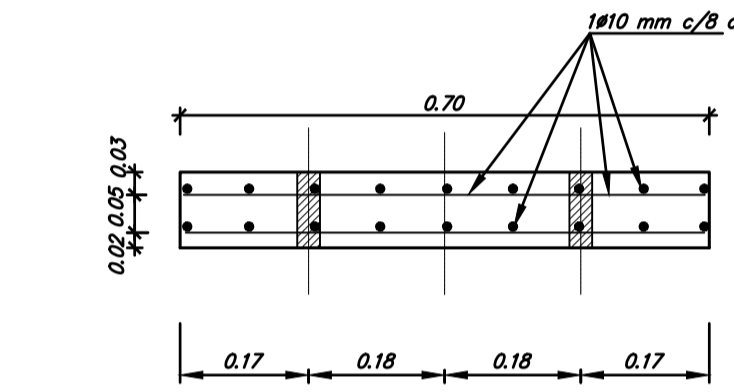


CORTE B - B

## TAPA

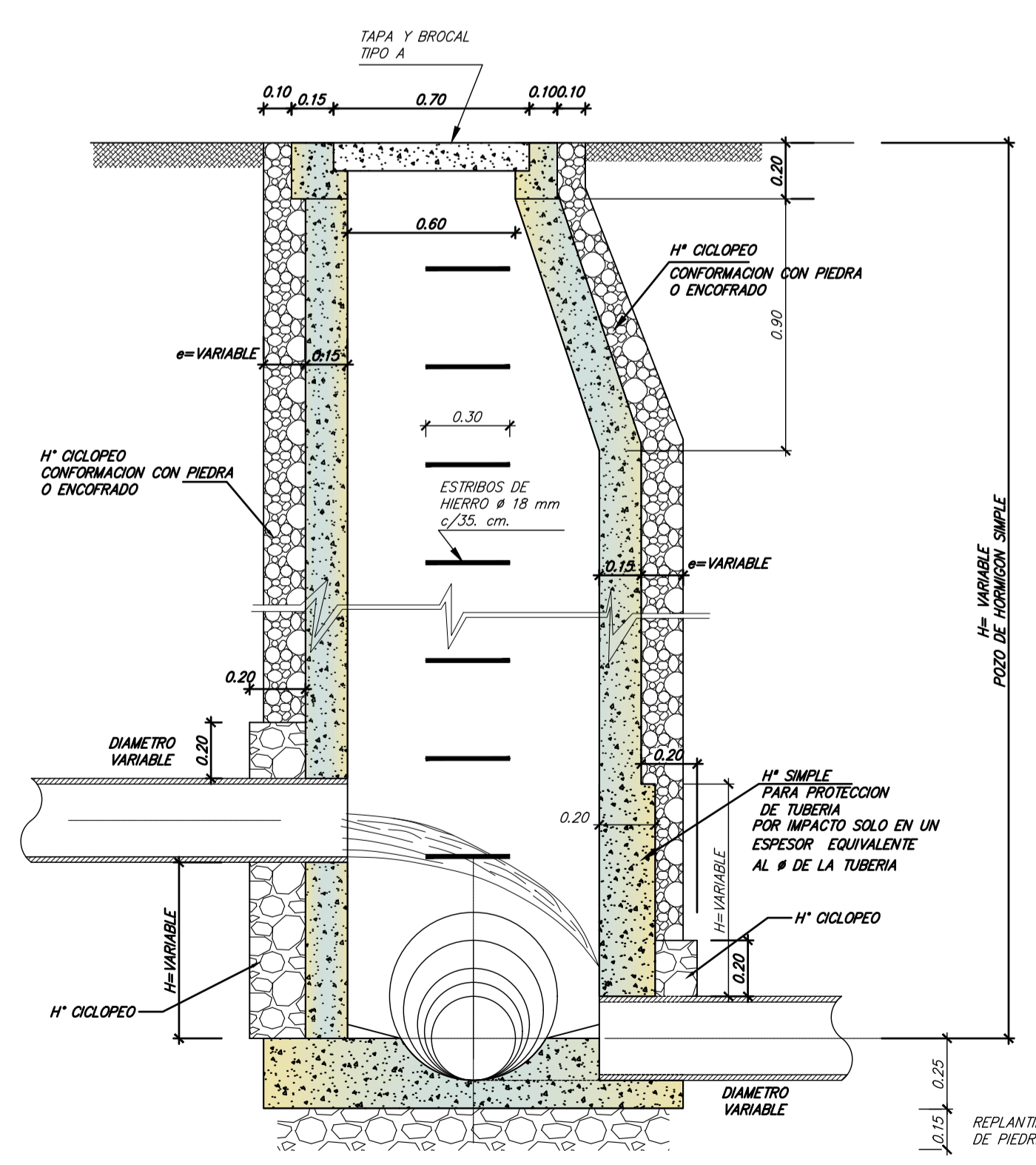
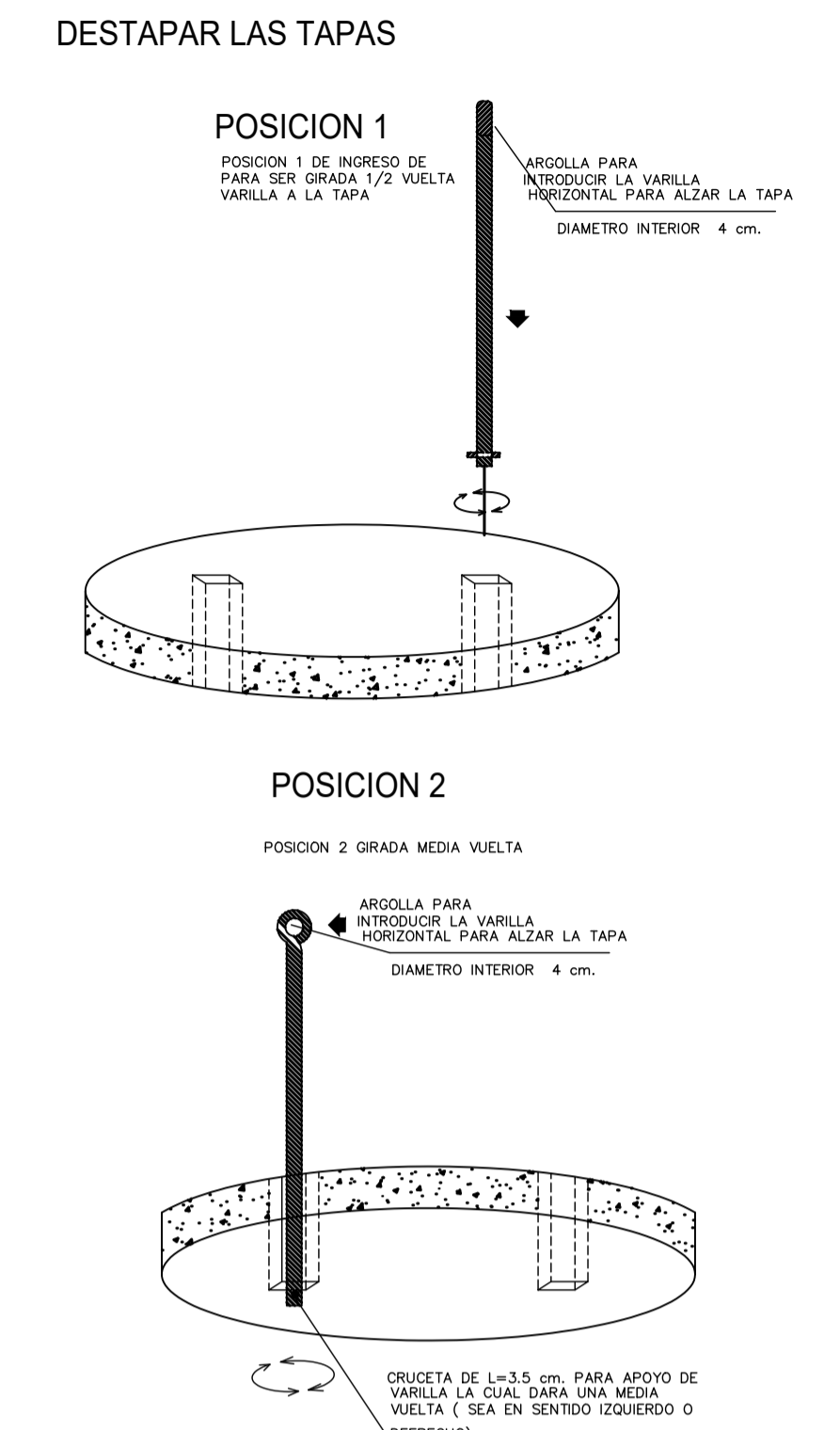


PLANTA

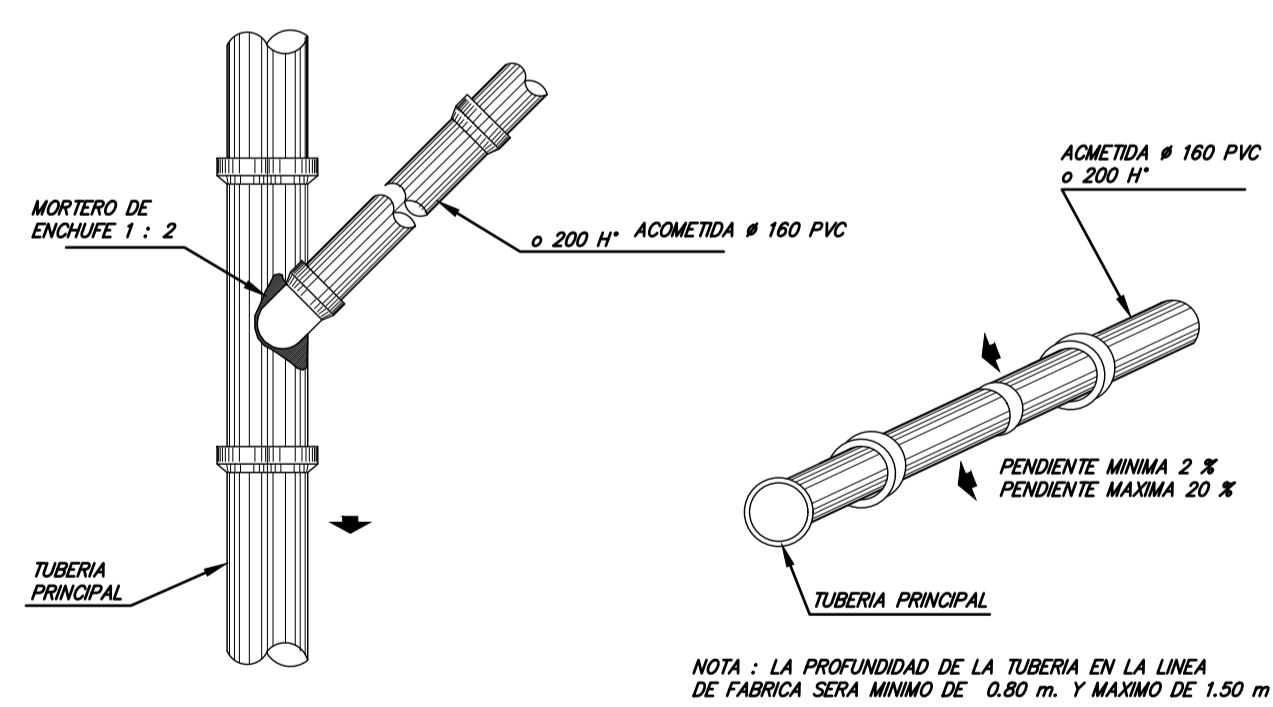


CORTE C - C

# SISTEMA Y ACCESORIOS PARA DESTAPAR LAS TAPAS



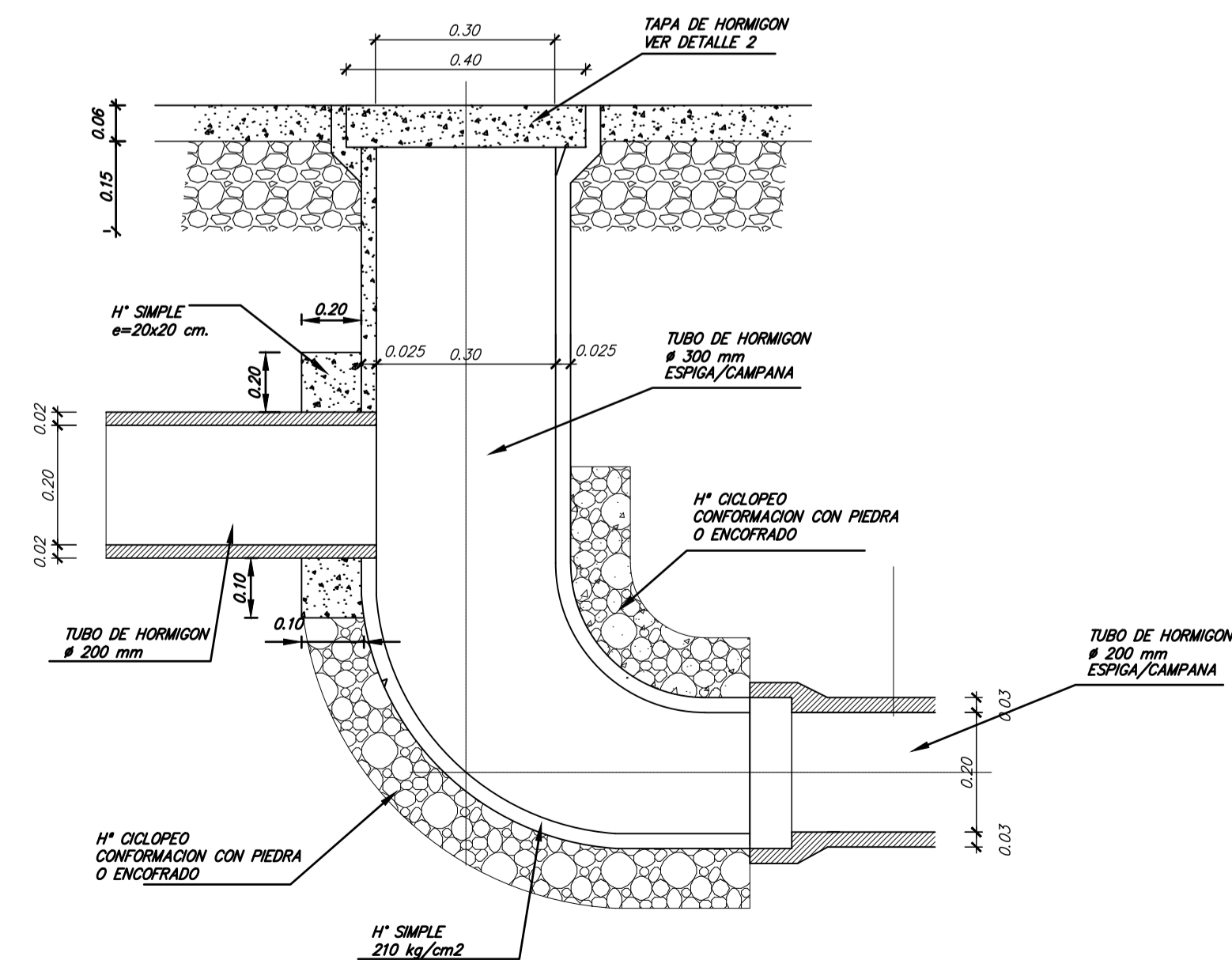
POZO DE REVISION (SALTO)  
SECCION TIPO




CONEXION DOMICILIARIA  
SIN ESCALA

# POZO DE INSPECCION DOMICILIARIA

ESC 1:12.5



 <b>UNIVERSIDAD DEL AZUAY</b>	
Proyecto : Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para la Via Trozana, comunidad Corazón de Lentag, parroquia Asunción del Cantón Girón, provincia del Azuay.	
CONTIENE: <b>Pozos de revision</b>	
AUTORES: <b>Mateo Moyano-Andrés Vazquez</b>	Revisión: <b>Ing. Josué B. Larriva V.</b>
Escala las indicadas	CUENCA, Mayo/2026
Lámina 4/4	