



**UNIVERSIDAD TÉCNICA AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**PROYECTO TÉCNICO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL**

**TEMA:**

---

**“DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE VIDA DE LA COMUNIDAD EL SANTUARIO,  
PARROQUIA LA MATRIZ, CANTÓN QUERO, PROVINCIA DE  
TUNGURAHUA.”**

---

**Autor:** Luis Ricardo Moreta Telenchana

**Tutor:** Ing. Mg. Galo Wilfrido Núñez Aldás

**AMBATO – ECUADOR**

**Septiembre – 2022**

## CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutor del Proyecto Técnico, previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil, con el tema: **“DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE VIDA DE LA COMUNIDAD EL SANTUARIO, PARROQUIA LA MATRIZ, CANTÓN QUERO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**, elaborado por el Sr. Luis Ricardo Moreta Telenchana, portador de la cédula de ciudadanía: C.I. 1805325097, estudiante de la Carrera de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

- Que el presente proyecto técnico es original de su autor.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Esta concluido en su totalidad.

Ambato, septiembre 2022



---

**Ing. Mg. Galo Wilfrido Núñez Aldás**

**TUTOR**

## AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Yo, Luis Ricardo Moreta Telenchana, con C.I. 1805325097 declaro que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente proyecto técnico con el tema: **“DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE VIDA DE LA COMUNIDAD EL SANTUARIO, PARROQUIA LA MATRIZ, CANTÓN QUERO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**, así como también los análisis estadísticos, gráficos, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autor del proyecto, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, septiembre 2022



---

**Luis Ricardo Moreta Telenchana**

**C.I. 1805325097**

**AUTOR**

## **DERECHOS DE AUTOR**

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Proyecto Técnico o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Proyecto Técnico, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, septiembre 2022



---

**Luis Ricardo Moreta Telenchana**

**C.I. 1805325097**

**AUTOR**

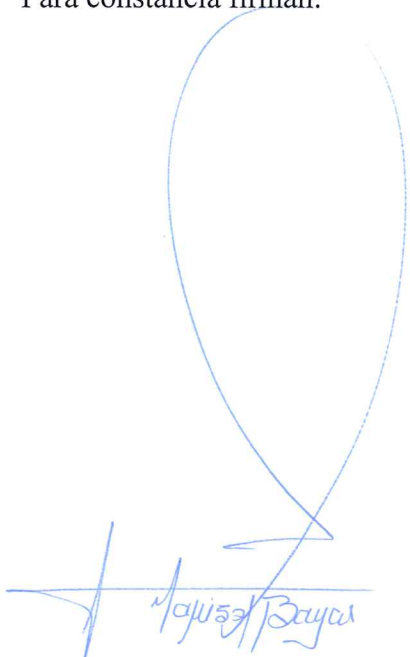


## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Proyecto, realizado por el estudiante Luis Ricardo Moreta Telenchana de la Carrera de Ingeniería Civil bajo el tema: **“DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE VIDA DE LA COMUNIDAD EL SANTUARIO, PARROQUIA LA MATRIZ, CANTÓN QUERO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**.

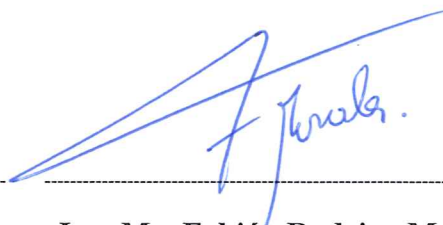
Ambato, septiembre 2022

Para constancia firman:



---

**Ing. Mg. Myriam Marisol Bayas Altamirano**  
**MIEMBRO CALIFICADOR**



---

**Ing. Mg. Fabián Rodrigo Morales Fiallos**  
**MIEMBRO CALIFICADOR**

## **DEDICATORIA**

*A mis padres Norma y Wilson, para quienes desde pequeño me educaron y forjaron de valores, que con sus enseñanzas y espíritu de lucha, superación y trabajo honesto hicieron de mí una persona de bien. Todo el esfuerzo de ellos está reflejado en esta mi vida profesional.*

**Luis Moreta**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por darme la vida y en ella la capacidad para superarme, por ser mi guía en este camino y permitir compartir esta meta con mi familia; por la salud y vida de mis padres, sus consejos, su tiempo y su amor incondicional.

A mi hermana Magui, quien adquirió el rol de segunda madre y sobrellevó los problemas a lo largo de mi carrera, siendo un apoyo fundamental para lograr culminar mis estudios profesionales.

A mi sobrina Carol, quien con sus ocurrencias siempre procuró mi felicidad y con ello convertirse en un pilar de vida.

A la Universidad Técnica de Ambato quien se encargó de brindar profesionales y estructura de calidad, la cual formó gran parte de este proceso, en el cual he logrado obtener el nivel de conocimiento necesario para ejercer mi carrera profesional.

Al Ingeniero Lenin Silva, un profesional que aportó valores y conocimiento esencial, para materializar mi proyecto de grado.

A mi tutor Ingeniero Galo Núñez, el cual dedicó tiempo para revisar este proyecto, y proporcionó las herramientas adecuadas para cumplir los parámetros requeridos.

Finalmente, a mis compañeros, quienes supieron ser mi segunda familia, brindarme compañerismo y con ello fomentar una verdadera amistad.

**Luis Moreta**

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN.....	ii
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	iii
DERECHOS DE AUTOR .....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO .....	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS .....	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xix
RESUMEN.....	xxii
ABSTRACT .....	xxiii
CAPÍTULO I.....	1
MARCO TEÓRICO .....	1
1.1 Antecedentes investigativos.....	1
1.1.1 Antecedentes .....	1
1.1.2 Justificación.....	2
1.1.3 Fundamentación Legal .....	3
1.1.3.1 CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR .....	3
1.1.3.2 CÓDIGO ORGÁNICO DEL AMBIENTE .....	5
1.1.3.3 LEY ORGÁNICA DE RECURSOS HÍDRICOS USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA.....	5
1.1.3.4 LEY ORGÁNICA DE SALUD.....	6
1.1.3.5 LEY DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL.....	6
1.1.3.6 TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DE MEDIO AMBIENTE .....	7
1.1.4 Fundamentación Teórica.....	8
1.1.4.1 Levantamiento topográfico.....	8

1.1.4.2	Sistemas de alcantarillado .....	8
1.1.4.2.1	Clasificación de los Sistemas de Alcantarillado .....	8
1.1.4.3	Componente de las redes de alcantarillado .....	10
1.1.4.3.1	Tuberías primarias y secundarias .....	10
1.1.4.3.2	Pozos de revisión.....	10
1.1.4.3.3	Pozos de salto.....	11
1.1.4.3.4	Conexiones domiciliarias .....	12
1.1.4.4	Parámetros generales de diseño.....	13
1.1.4.4.1	Periodo de diseño .....	13
1.1.4.4.2	Área de diseño.....	13
1.1.4.4.3	Áreas Tributarias.....	13
1.1.4.4.4	Población.....	14
1.1.4.4.5	Dotación de agua potable .....	16
1.1.4.4.6	Caudales de diseño de aguas residuales. ....	16
1.1.4.5	Parámetros hidráulicos .....	20
1.1.4.5.1	Diámetro interno mínimo.....	20
1.1.4.5.2	Velocidades de diseño.....	20
1.1.4.5.3	Pendientes de diseño .....	20
1.1.4.5.4	Coeficientes de rugosidad .....	21
1.1.4.5.5	Profundidad de tuberías.....	21
1.1.4.5.6	Tirante del flujo.....	22
1.1.4.5.7	Tensión tractiva.....	22
1.1.4.6	Planta de tratamiento de aguas residuales .....	22
1.1.4.7	Caudales de diseño para las unidades de tratamiento.....	23
1.1.4.8	Métodos para el tratamiento de agua residual .....	25
1.1.4.8.1	Cribado.....	25
1.1.4.8.2	Desarenador.....	26
1.1.4.8.3	Trampa de aceite y grasa.....	29
1.1.4.8.4	Sedimentador primario.....	31
1.1.4.8.5	Tanque Séptico.....	33
1.1.4.8.6	Tanque IMHOFF.....	35
1.1.4.8.7	Filtro percolador.....	35
1.1.4.8.8	Lecho de secado de lodos.....	37

1.1.4.8.9	Filtro anaerobio de flujo ascendente .....	39
1.1.4.8.10	Sedimentador secundario .....	40
1.1.4.8.11	Humedales artificiales.....	41
1.1.4.9	Características típicas para la evaluación de la calidad de agua residual.....	44
1.1.4.9.1	Demanda Bioquímica de Oxígeno en cinco días (DQO <sub>5</sub> ).....	44
1.1.4.9.2	Demanda Química de Oxígeno (DQO).....	44
1.1.4.9.3	Potencial de hidrogeno (pH) .....	45
1.1.4.9.4	Nitrógeno (N).....	45
1.1.4.9.5	Fosforo (P) .....	45
1.1.4.9.6	Coliformes fecales y totales .....	45
1.1.4.9.7	Sólidos suspendidos totales(SST) .....	45
1.1.4.9.8	Oxígeno disuelto .....	45
1.1.4.9.9	Turbiedad .....	45
1.1.4.9.10	Temperatura .....	45
1.1.4.10	Nivel de tratamiento de aguas residuales .....	46
1.1.4.10.1	Tratamiento preliminar.....	46
1.1.4.10.2	Tratamiento primario .....	46
1.1.4.10.3	Tratamiento secundario.....	47
1.1.4.10.4	Tratamiento avanzado o terciario.....	47
1.1.4.11	Porcentaje de remoción teórica por procesos .....	47
1.1.4.12	Criterios de calidad de las aguas para sus distintos usos.....	49
1.2	Objetivos.....	54
1.2.1	Objetivo General .....	54
1.2.2	Objetivos Específicos.....	54
<b>CAPÍTULO II.....</b>		<b>55</b>
<b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>		<b>55</b>
2.1	Materiales y equipos empleados .....	55
2.2	Métodos.....	58
2.2.1	Enfoque de la investigación .....	58
2.2.2	Modalidad Básica de la investigación.....	58
2.2.3	Nivel o tipo de la investigación.....	59

2.2.4	FASE 1: PRELIMINAR.....	59
2.2.4.1	ETAPA 1: Información general de la zona del proyecto .....	59
2.2.4.2	ETAPA 2: Investigación de campo .....	59
2.2.4.2.1	Levantamiento topográfico .....	59
2.2.4.2.2	Recolección de Información Técnica del Sistema Sanitario.....	60
2.2.4.2.3	Muestreo poblacional .....	61
2.2.4.3	ETAPA 3: Investigación de laboratorio .....	61
2.2.4.3.1	Análisis de laboratorio de las características del agua. ....	61
2.2.5	FASE 2: DIAGNÓSTICO.....	62
2.2.5.1	ETAPA 1: Estado del sistema de alcantarillado.....	62
2.2.5.2	ETAPA 2: Estado de la planta de tratamiento de aguas residuales.....	62
2.2.6	FASE 3: ANÁLISIS Y VERIFICACIÓN DE FUNCIONAMIENTO ..	62
2.2.6.1	ETAPA 1: Sistema de alcantarillado.....	62
2.2.6.1.1	Periodo de diseño .....	63
2.2.6.1.2	Población de diseño.....	63
2.2.6.1.3	Dotación de agua potable .....	65
2.2.6.1.4	Caudales de diseño de aguas residuales. ....	66
2.2.6.1.5	Diseño hidráulico .....	71
2.2.6.2	ETAPA 2: Planta de tratamiento de aguas residuales .....	76
2.2.6.2.1	DISEÑO DEL CANAL DE ENTRADA .....	77
2.2.6.2.2	DISEÑO DEL CRIBADO (REJILLAS).....	79
2.2.6.2.3	DISEÑO DEL DESARENADOR.....	82
2.2.6.2.4	DISEÑO DE LA TRAMPA DE GRASAS.....	89
2.2.6.2.5	DISEÑO DEL TANQUE SÉPTICO.....	91
2.2.6.2.6	DISEÑO DEL FILTRO ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE .....	95
2.2.6.2.7	DISEÑO DEL FILTRO PERCOLADOR SIN RECIRCULACIÓN – MODELO BRUCE Y MERKENS .....	98
2.2.6.2.8	DISEÑO DEL SEDIMENTADOR SECUNDARIO .....	100
2.2.6.2.9	DISEÑO DEL HUMEDAL ARTIFICIAL SUBSUPERFICIAL DE FLUJO HORIZONTAL .....	102
2.2.6.2.10	DISEÑO DEL LECHO DE SECADO DE LODOS .....	104
2.2.7	FASE 4: TRABAJO TÉCNICO.....	107

2.2.7.1	ETAPA 1: Planos del Sistema de alcantarillado .....	107
2.2.7.2	ETAPA 2: Planos de la Planta de tratamiento de aguas residuales ...	107
<b>CAPÍTULO III.....</b>		<b>108</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>		<b>108</b>
3.1	Análisis y discusión de resultados .....	108
3.1.1	FASE 1: PRELIMINAR.....	108
3.1.1.1	ETAPA 1: Información general de la zona del proyecto .....	108
3.1.1.1.1	Ubicación geográfica .....	108
3.1.1.1.2	Calidad del aire. ....	109
3.1.1.1.3	Suelo.....	109
3.1.1.1.4	Clima.....	109
3.1.1.1.5	Flora y Fauna.....	109
3.1.1.1.6	Población.....	110
3.1.1.1.7	Aspectos socioeconómicos.....	110
3.1.1.1.8	Religión.....	110
3.1.1.1.9	Servicios básicos .....	110
3.1.1.2	ETAPA 2: Investigación de campo .....	112
3.1.1.2.1	Levantamiento topográfico .....	112
3.1.1.2.2	Recolección de Información Técnica del Sistema Sanitario.....	112
3.1.1.2.3	Muestreo poblacional .....	127
3.1.1.3	ETAPA 3: Investigación de laboratorio .....	127
3.1.1.3.1	Análisis de laboratorio de las características del agua .....	127
3.1.2	FASE 2: DIAGNÓSTICO.....	130
3.1.2.1	ETAPA 1: Estado del sistema de alcantarillado.....	130
3.1.2.1.1	Tapas de pozos de revisión .....	130
3.1.2.1.2	Paredes de pozos de revisión.....	132
3.1.2.1.3	Fondo de los pozos de revisión .....	133
3.1.2.1.4	Escaleras de pozos de revisión.....	135
3.1.2.1.5	Tuberías de la red .....	136
3.1.2.2	ETAPA 2: Estado de la planta de tratamiento de aguas residuales ...	136
3.1.2.2.1	Tanque séptico .....	137
3.1.2.2.2	Filtro anaerobio de flujo ascendente .....	138



3.1.2.2.3	Lecho de secado de lodos.....	139
3.1.2.2.4	Campo de infiltración.....	139
3.1.3	<b>FASE 3: ANÁLISIS Y VERIFICACIÓN DE FUNCIONAMIENTO</b>	<b>140</b>
3.1.3.1	<b>ETAPA 1: Sistema de alcantarillado</b> .....	<b>140</b>
3.1.3.1.1	Verificación de la capacidad hidráulica de las redes de recolección .....	140
3.1.3.1.2	Análisis de la capacidad hidráulica de las redes de recolección ..	163
3.1.3.2	<b>ETAPA 2: Planta de tratamiento de aguas residuales</b> .....	<b>166</b>
3.1.3.2.1	Análisis y comparación de resultados de la caracterización del agua residual con la normativa ambiental .....	166
3.1.3.2.2	Remoción de contaminantes presentes en el agua residual doméstica .....	168
3.1.3.2.3	Verificación del funcionamiento teórico actual de la PTAR .....	170
3.1.3.2.4	Propuesta de mejora .....	182
3.1.3.2.5	Diseño de procesos y operaciones unitarias de la propuesta de tratamiento para la PTAR .....	184
3.1.3.2.6	Comparación estado actual PTAR con la propuesta PTAR.....	214
3.1.3.2.7	Plan de operación y mantenimiento para la planta de tratamiento de aguas residuales.....	216
3.1.4	<b>FASE 4: TRABAJO TÉCNICO</b> .....	<b>221</b>
	<b>CAPÍTULO IV</b> .....	<b>222</b>
	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	<b>222</b>
4.1	Conclusiones .....	222
4.2	Recomendaciones .....	224
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>225</b>
	<b>ANEXOS</b> .....	<b>231</b>
5.1	Anexo N° 1 Fotografías .....	231
5.2	Anexo N° 2 Formato de encuesta .....	234
5.3	Anexo N° 3 Resultados del muestreo poblacional.....	235
5.4	Anexo N° 4 Ficha de revisión de pozos.....	238

5.5	Anexo N° 5 Datos topográficos .....	239
5.6	Anexo N° 6 Ficha de medición de caudales .....	244
5.7	Anexo N° 7 Informe de análisis de agua residual.....	245
5.8	Anexo N° 8 Planos.....	247

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Materiales usados en tuberías.....	10
<b>Tabla 2</b> Máxima distancia entre pozos de revisión. ....	10
<b>Tabla 3</b> Diámetros recomendados de pozos de revisión. ....	11
<b>Tabla 4</b> Censos poblacional del Cantón Quero. ....	14
<b>Tabla 5</b> Tasas de crecimiento poblacional .....	15
<b>Tabla 6</b> Valores del coeficiente de Popel. ....	18
<b>Tabla 7</b> Velocidades máximas a tubo lleno.....	20
<b>Tabla 8</b> Coeficientes de rugosidad recomendados .....	21
<b>Tabla 9</b> Efecto de los caudales y las cargas contaminantes sobre la selección y dimensionamiento de las instalaciones de plantas de tratamiento secundario. ....	24
<b>Tabla 10</b> Parámetros de diseño de las rejillas de barras.....	26
<b>Tabla 11</b> Tiempo de retención hidráulica para trampa de grasas.....	30
<b>Tabla 12</b> Criterios de diseño para Trampa de aceite y grasa.....	30
<b>Tabla 13</b> Criterios de diseño de sedimentador primario seguido de tratamiento secundario.....	31
<b>Tabla 14</b> Valores de profundidad útil.....	35
<b>Tabla 15</b> Características principales de los filtros percoladores. ....	36
<b>Tabla 16</b> Propiedades físicas de medios para filtros percoladores.....	37
<b>Tabla 17</b> Criterios de diseño para lecho de secado. ....	38
<b>Tabla 18</b> Parámetros de diseño para filtros anaerobios de flujo ascendente. ....	40
<b>Tabla 19</b> Información típica de diseño para decantadores secundarios. ....	41
<b>Tabla 20</b> Parámetros de diseño para humedales superficiales. ....	42
<b>Tabla 21</b> Parámetros de diseño para humedales de flujo subsuperficiales. ....	42
<b>Tabla 22</b> Características típicas del medio para humedales de flujo subsuperficiales. .....	43
<b>Tabla 23</b> Especies emergentes comúnmente empleadas en la depuración de aguas residuales. ....	44
<b>Tabla 24</b> Objetivo de los procesos de pretratamiento .....	46
<b>Tabla 25</b> Rango de eficiencia en los procesos de tratamiento.....	48
<b>Tabla 26</b> Límites de descarga al sistema de alcantarillado público .....	49

<b>Tabla 27</b> Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce. ....	51
<b>Tabla 28</b> Límites de descarga a un cuerpo de agua marina.....	52
<b>Tabla 29</b> Criterios de calidad admisibles para las aguas destinadas a uso agrícola .	53
<b>Tabla 30</b> Materiales.....	55
<b>Tabla 31</b> Equipos de trabajo.....	56
<b>Tabla 32</b> Equipos de protección personal. ....	58
<b>Tabla 33</b> Parámetros y métodos para caracterización de agua residual. ....	62
<b>Tabla 34</b> Ecuaciones-Tasa de crecimiento poblacional. ....	63
<b>Tabla 35</b> Ecuaciones-Población Futura.....	64
<b>Tabla 36</b> Niveles de servicio para los sistemas de abastecimiento de agua, disposición de excretas y residuos líquidos. ....	65
<b>Tabla 37</b> Dotaciones de agua para los diferentes niveles de servicio. ....	65
<b>Tabla 38</b> Coeficientes de retorno de aguas residuales domésticas.....	67
<b>Tabla 39</b> Contribución industrial .....	67
<b>Tabla 40</b> Contribución comercial.....	68
<b>Tabla 41</b> Contribución institucional.....	68
<b>Tabla 42</b> Métodos para el cálculo del coeficiente de mayoración M.....	69
<b>Tabla 43</b> Coeficientes de infiltración en tuberías (q <sub>inf</sub> ).....	70
<b>Tabla 44</b> Ecuaciones-Sección totalmente llena. ....	73
<b>Tabla 45</b> Ecuaciones para el ángulo formado en la tubería parcialmente llena. ....	75
<b>Tabla 46</b> Ecuaciones-Sección parcialmente llena. ....	76
<b>Tabla 47</b> Relación entre diámetro de las partículas y velocidad de sedimentación. .	82
<b>Tabla 48</b> Coeficiente de arrastre.....	85
<b>Tabla 49</b> Coeficiente a para velocidad de flujo.....	86
<b>Tabla 50</b> Valor de lodos que se producen. ....	92
<b>Tabla 51</b> Aportes per cápita para aguas residuales domésticas.....	105
<b>Tabla 52</b> Tiempo de digestión de lodos. ....	106
<b>Tabla 53</b> Personal de Salud del Puesto de Salud El Santuario.....	110
<b>Tabla 54</b> Resumen de Levantamiento de Información del Sistema de Alcantarillado Sanitario.....	114
<b>Tabla 55</b> Dimensiones actuales de la caja de entrada .....	116
<b>Tabla 56</b> Dimensiones actuales del tanque séptico. ....	117
<b>Tabla 57</b> Dimensiones actuales del FAFA.....	119

<b>Tabla 58</b> Dimensiones actuales del lecho de secado de lodos .....	120
<b>Tabla 59</b> Dimensiones actuales de la caja de salida.....	121
<b>Tabla 60</b> Dimensiones actuales del campo de infiltración.....	122
<b>Tabla 61</b> Resumen de la toma de caudales de Ingreso de la PTAR (lt/s). .....	124
<b>Tabla 62</b> Resumen de la toma de caudales de Salida de la PTAR (lt/s). .....	125
<b>Tabla 63</b> Resultados del análisis de agua residual al ingreso de la PTAR.....	129
<b>Tabla 64</b> Resultados del análisis de agua residual a la salida de la PTAR .....	129
<b>Tabla 65</b> Pozos catastrados. ....	130
<b>Tabla 66</b> Material de las tapas.....	130
<b>Tabla 67</b> Estado de las tapas. ....	131
<b>Tabla 68</b> Material de las paredes.....	132
<b>Tabla 69</b> Estado de las paredes. ....	132
<b>Tabla 70</b> Material del fondo.....	133
<b>Tabla 71</b> Estado del fondo.....	134
<b>Tabla 72</b> Material de las escaleras.....	135
<b>Tabla 73</b> Estado de las escaleras. ....	135
<b>Tabla 74</b> Tasa de Crecimiento Poblacional por el Método Aritmético.....	141
<b>Tabla 75</b> Tasa de Crecimiento Poblacional por el Método Geométrico .....	142
<b>Tabla 76</b> Tasa de Crecimiento Poblacional por el Método Exponencial .....	143
<b>Tabla 77</b> Resumen de resultados de las tasas de Crecimiento Poblacional .....	144
<b>Tabla 78</b> Resultado de caudales de Diseño para El Sistema de Alcantarillado Sanitario.....	149
<b>Tabla 79</b> Resultados de la verificación de la capacidad hidráulica de las redes del Sistema de Alcantarillado Sanitario.....	159
<b>Tabla 80</b> Tramos de tuberías que no cumplen los límites de pendientes.....	163
<b>Tabla 81</b> Tramos de tuberías que no cumplen el límite de velocidad. ....	163
<b>Tabla 82</b> Tramos de tuberías rediseñados. ....	165
<b>Tabla 83</b> Análisis comparativo de los resultados de la caracterización del agua frente al TULSMA 2015.....	166
<b>Tabla 84</b> Guías sugeridas para aguas tratadas en el reúso agrícola y sus requerimientos de tratamiento, FAO 1999. ....	167
<b>Tabla 85</b> Análisis comparativo de los resultados de la caracterización del agua frente a la FAO 1999.....	167

<b>Tabla 86</b> Remoción teórica de contaminantes-Tren de tratamiento actual. ....	168
<b>Tabla 87</b> Remoción teórica de contaminantes .....	168
<b>Tabla 88</b> Remoción real de contaminantes .....	169
<b>Tabla 89</b> Resultados-Funcionamiento teórico del tanque séptico. ....	174
<b>Tabla 90</b> Resultados-Funcionamiento teórico del Filtro anaerobio de flujo ascendente.....	178
<b>Tabla 91</b> Resultados-Funcionamiento teórico del Lecho de secado de lodos.....	181
<b>Tabla 92</b> Remoción teórica de contaminantes-Propuesta de tratamiento. ....	183
<b>Tabla 93</b> Concentración final de constituyentes en cada proceso. ....	183
<b>Tabla 94</b> Resultado de dimensiones del Canal de entrada .....	185
<b>Tabla 95</b> Resultado de dimensiones del Cribado (Rejillas) .....	188
<b>Tabla 96</b> Tabla de valores para formar las paredes del vertedero sutro. ....	195
<b>Tabla 97</b> Resultado de dimensiones del Desarenador .....	195
<b>Tabla 98</b> Resultado de dimensiones de la Trampa de grasas. ....	197
<b>Tabla 99</b> Resultado de dimensiones del Tanque Séptico. ....	200
<b>Tabla 100</b> Resultado de dimensiones del FAFA. ....	204
<b>Tabla 101</b> Resultado de dimensiones del Filtro percolador. ....	207
<b>Tabla 102</b> Resultado de dimensiones del sedimentador secundario. ....	209
<b>Tabla 103</b> Resultado de dimensiones del Humedal Artificial. ....	212
<b>Tabla 104</b> Resultado de dimensiones del Lecho de secado de lodos. ....	214
<b>Tabla 105</b> Comparación de procesos y operaciones unitarias actuales y propuestos. .....	215
<b>Tabla 106</b> Actividades de mantenimiento para el cribado. ....	216
<b>Tabla 107</b> Actividades de mantenimiento para el desarenador.....	217
<b>Tabla 108</b> Actividades de mantenimiento para la trampa de aceites y grasas. ....	217
<b>Tabla 109</b> Actividades de mantenimiento para el tanque séptico. ....	218
<b>Tabla 110</b> Actividades de mantenimiento para FAFA. ....	218
<b>Tabla 111</b> Actividades de mantenimiento para el filtro percolador. ....	219
<b>Tabla 112</b> Actividades de mantenimiento para el sedimentador secundario. ....	220
<b>Tabla 113</b> Actividades de mantenimiento para el humedal artificial. ....	220
<b>Tabla 114</b> Actividades de mantenimiento para el lecho de secado de lodos. ....	221

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Partes de un pozo de revisión .....	11
<b>Figura 2.</b> Partes de un pozo de salto.....	12
<b>Figura 3.</b> Caja de revisión .....	12
<b>Figura 4.</b> Conexión de acometida .....	13
<b>Figura 5.</b> Áreas de aporte. (a) Zonas aproximadamente cuadradas, (b) Zonas aproximadamente rectangulares. ....	14
<b>Figura 6.</b> Esquema de los procesos de tratamiento PTAR.....	25
<b>Figura 7.</b> Vista en planta, Desarenador. (a) Desarenador con dos unidades, (b) Desarenador con una unidad y by-pass .....	27
<b>Figura 8.</b> Transición al desarenador.....	28
<b>Figura 9.</b> Dispositivos de control de velocidad. (a) Vertedero Sutro, (b) Canal Parshall .....	28
<b>Figura 10.</b> Trampa de grasa (a) Trampa de grasa simple, (b) Trampa de grasa con depósito de acumulación de grasa. ....	30
<b>Figura 11.</b> Sedimentador circular.....	32
<b>Figura 12.</b> Tanque sedimentador rectangular. (a) Planta del tanque. (b) Corte A-A	32
<b>Figura 13.</b> Principios básicos para el diseño de tanques sépticos .....	33
<b>Figura 14.</b> Criterios de dimensiones de Tanques sépticos .....	35
<b>Figura 15.</b> Esquema de filtro percolador.....	36
<b>Figura 16.</b> Lecho de secado típico .....	39
<b>Figura 17.</b> Tanque de sedimentación secundario circular.....	40
<b>Figura 18.</b> Humedal artificial. (a) Superficial, (b) Subsuperficial de flujo vertical..	41
<b>Figura 19.</b> Etapas de tratamiento de aguas residuales.....	46
<b>Figura 20.</b> Sección a tubería llena.....	72
<b>Figura 21.</b> Valores de asentamiento o flotación de Fair y Geyer.....	84
<b>Figura 22.</b> División Político-Administrativa del Cantón Quero .....	108
<b>Figura 23.</b> Comunidad El Santuario del cantón Quero .....	109
<b>Figura 24.</b> Pozo de revisión destapado.....	112
<b>Figura 25.</b> Revisión de pozos. (a), (b) Destape de pozo con barras, (c), (d) Exterior e interior de pozo.....	113
<b>Figura 26.</b> Vista Lateral-Caja de Entrada.....	116

<b>Figura 27.</b> Vista en Planta-Caja de Entrada .....	117
<b>Figura 28.</b> Vista Lateral-Tanque Séptico .....	118
<b>Figura 29.</b> Vista en Planta-Tanque Séptico.....	118
<b>Figura 30.</b> Vista lateral-FAFA .....	119
<b>Figura 31.</b> Vista en Planta-FAFA .....	119
<b>Figura 32.</b> Vista en lateral - Lecho de secado de lodos.....	120
<b>Figura 33.</b> Vista en Planta- Lecho de secado de lodos.....	120
<b>Figura 34.</b> Vista en lateral – Caja de salida.....	121
<b>Figura 35.</b> Vista en Planta- Caja de salida .....	122
<b>Figura 36.</b> Vista en lateral – Campo de infiltración.....	122
<b>Figura 37.</b> Vista en Planta- Campo de infiltración.....	123
<b>Figura 38.</b> Comportamiento de los caudales de ingreso de la PTAR .....	124
<b>Figura 39.</b> Comportamiento de los caudales de salida de la PTAR .....	126
<b>Figura 40.</b> Aforo de caudales de la PTAR El Santuario. (a) Caudal de ingreso, (b) Caudal de salida.....	127
<b>Figura 41.</b> Muestreo de agua residual de la PTAR El Santuario. (a) Muestra de ingreso, (b) Muestra de salida.....	128
<b>Figura 42.</b> Manejo de las muestras de agua residual de la PTAR El Santuario. (a) Identificación, (b) Conservación .....	128
<b>Figura 43.</b> Material de las Tapas .....	131
<b>Figura 44.</b> Estado físico de las tapas .....	131
<b>Figura 45.</b> Material de las paredes .....	132
<b>Figura 46.</b> Estado físico de las paredes .....	133
<b>Figura 47.</b> Material del fondo. ....	134
<b>Figura 48.</b> Estado físico del fondo .....	134
<b>Figura 49.</b> Material de las escaleras .....	135
<b>Figura 50.</b> Estado físico de las tapas .....	136
<b>Figura 51.</b> Estructura Física PTAR El Santuario. ....	136
<b>Figura 52.</b> Campo de infiltración de la PTAR El Santuario .....	137
<b>Figura 53.</b> Proceso de tratamiento actual de la PTAR El Santuario. ....	137
<b>Figura 54.</b> Estado actual del tanque séptico .....	138
<b>Figura 55.</b> Estado actual del FAFA.....	138
<b>Figura 56.</b> Estado actual del lecho de secado de lodos .....	139



<b>Figura 57.</b> Estado actual del campo de infiltración.....	139
<b>Figura 58.</b> Tendencia Poblacional por el Método Aritmético.....	141
<b>Figura 59.</b> Tendencia Poblacional por el Método Geométrico .....	142
<b>Figura 60.</b> Tendencia Poblacional por el Método Exponencial .....	144
<b>Figura 61.</b> Evolución de la población y tasa de crecimiento intercensal .....	145
<b>Figura 62.</b> Microsoft Excel, cinta de opciones.....	155
<b>Figura 63.</b> Cálculo del tirante (a) Parámetros de Solver, (b) Opciones de convergencia.....	156
<b>Figura 64.</b> Aceptación de resultados Solver.....	156
<b>Figura 65.</b> Esquema de remoción real de contaminantes.....	170
<b>Figura 66.</b> Tren de tratamiento propuesto para la PTAR.....	182
<b>Figura 67.</b> Factor para reajuste de la velocidad de sedimentación.....	190

## RESUMEN

El presente proyecto técnico consiste en mejorar sistema de saneamiento y tratamiento de aguas residuales de la comunidad el Santuario del cantón Quero, provincia de Tungurahua, deteriorado por el crecimiento poblacional y la falta de mantenimiento a través de los años, lo que ha alterado la calidad de vida de sus habitantes y el incorrecto aprovechamiento del recurso en el riego agrícola.

Para tal efecto se recolectó la información base del proyecto consistiendo en: levantamiento topográfico de las redes de tuberías y pozos de alcantarillado, censo poblacional, inspección de la infraestructura física sanitaria, campañas de medición de caudales y caracterización de las aguas residuales. Esto con la finalidad de verificar la capacidad hidráulica de la red de recolección y la eficiencia de los procesos y operaciones unitarias actuales destinadas al tratamiento de las aguas residuales los cuales son: tanque séptico, FAFA y lecho de secado de lodos.

Los resultados demostraron que cuatro tramos de red de tuberías no se ajustan a los parámetros de diseño (límites de pendientes y velocidades); además, el tren de tratamiento actual no genera un efluente de la calidad requerida para aguas tratadas destinadas al reuso agrícola que se especifica en la norma TULSMA 2015 y la guía FAO, por lo que se realizó el rediseño de las redes de recolección que presentan inconvenientes, y la incorporación de nuevos procesos de tratamiento como: cribado, desarenador, trampa de grasas, filtro percolador, sedimentador secundario y humedal artificial, además del mejoramiento de las unidades existentes.

**Palabras clave:** Alcantarillado, Planta de tratamiento, Humedal artificial, Riego, macrófitos.

## ABSTRACT

This technical project consists of improving the sanitation and wastewater treatment system in the community of El Santuario, Quero canton, Tungurahua province, deteriorated by population growth and lack of maintenance over the years, which has altered the quality of life of its inhabitants and the incorrect use of the resource for agricultural irrigation.

To this end, the basic information for the project was collected, consisting of a topographic survey of the pipe networks and sewerage wells, a population census, inspection of the physical sanitary infrastructure, flow measurement campaigns, and wastewater characterization. The purpose was to verify the hydraulic capacity of the collection network and the efficiency of the current processes and unit operations for wastewater treatment, which are: septic tank, FAFA and sludge drying bed.

The results showed that four pipe network sections do not conform to the design parameters (slope and velocity limits); in addition, the current treatment train does not generate an effluent of the required quality for treated water intended for agricultural reuse specified in the TULSMA 2015 standard and the FAO guide, so the redesign of the collection networks that present drawbacks was carried out, and the incorporation of new treatment processes such as: screening, desander, grease trap, trickling filter, secondary sedimenter and artificial wetland, in addition to the improvement of existing units.

**Key words:** Sewage, treatment plant, artificial wetland, irrigation, macrophytes.

# CAPÍTULO I

## MARCO TEÓRICO

### 1.1 Antecedentes investigativos

#### 1.1.1 Antecedentes

Contar con un buen sistema de saneamiento es una necesidad indispensable para el buen vivir de los seres humanos, ya lo dice Beatriz Pradillo [1], que la humanidad ha almacenado y distribuido agua prácticamente desde sus orígenes. Una de las más destacadas culturas que ha resaltado sus grandes logros de ingeniería del mundo antiguo a lo largo de la historia es la Romana que fue capaz de construir acueductos para abastecer de agua a sus ciudades, pero por otro lado también fue importante la evacuación del agua contaminada, practica que la tomaron los romanos de los etruscos y que con ella lograron reducir enfermedades debidas a la falta de sanidad.

Sin embargo, aunque hacia el siglo I a.C. era inconcebible que una ciudad no cuente con un sistema sanitario, los existentes presentaban falencias, pues su funcionamiento era primitivo e ineficaz y que con el crecimiento de la civilización impidió el correcto desagüe del agua residual propiciando emisión de gases, malos olores, taponamientos.

Desde entonces y hasta la actualidad el manejo de los residuos significa un problema en todo el mundo, factores como concentraciones poblacionales, el crecimiento demográfico, desarrollo industrial, cambios en los patrones de consumo y las mejoras de la calidad de vida ha provocado que la generación de residuos aumente cada vez más [2], lo cual significa que se deben diseñar mejores sistemas para la disposición además de dar un mejor tratamiento a los desechos.

Existen varias investigaciones en el Ecuador orientadas a evaluar los sistemas de alcantarillado sanitarios y las PTAR con la finalidad de garantizar un servicio de calidad a los beneficiarios y regresar al medio ambiente agua de calidad.

García y Tasipanta en su investigación denominada: “Evaluación y diseño del sistema de alcantarillado sanitario de la parroquia rural Cotogchoa, cantón Rumiñahui, provincia Pichincha”, enfatiza en el mantenimiento al sistema de alcantarillado, ya que el mal funcionamiento del sistema es debido a la basura, sedimentos, materiales pétreos que provocan el taponamiento[3].

En las investigaciones realizadas por Pillapa [4], en la PTAR de la parroquia El Corazón, cantón Pangua, provincia Cotopaxi, y Criollo [5], en la PTAR de la comunidad de Puñachizag, cantón Quero, provincia de Tungurahua, donde realizaron muestreos del agua residual tienen el objetivo de analizar el caudal afluente y efluente, y con ello verificar el cumplimiento de los límites máximos de descarga de acuerdo al uso específico establecidos por la normativa vigente TULSMA 2015 y bajo ese fundamento plantear la mejora o rediseño de las unidades de tratamiento.

Así mismo en el país vecino Perú, Quispe [6], en su investigación : “Evaluación y propuesta técnica de una planta de tratamiento de aguas residuales con fines de reuso en la agricultura, para las localidades de Miraflores, Las Yaras y Buena Vista en el distrito de Sama-Tacna”, evidencia que el problema de la disposición de aguas residuales es un tema importante ya que al ser una zona con escasos recursos hídricos , estas aguas son demasiado valiosas para desecharlas y que previo a un tratamiento adecuado que reduzca sus agentes contaminantes puede ser reusadas.

### **1.1.2 Justificación**

La disposición de las excretas y residuos biológicos producidos por el ser humano ha sido una necesidad desde los primeros asentamientos estables, y desde hace algunas décadas se ha evidenciado aún más este requerimiento al hacerse notorio que las altas cantidades de desechos han mermado las condiciones naturales de los cuerpos receptores tales como ríos, lagos , mares y suelos que cada vez son menos capaces de absorber y neutralizar la carga polucional derivada del vertimiento de tales residuos .

Alrededor del mundo se han planteado programas para el control de la contaminación y así minimizar el impacto ambiental. En el Ecuador, según SENPLADES [7], con respecto al ambiente manifiesta que: “Asumiré plenamente su protección y la garantía de los derechos de la naturaleza. Esto incluye: el manejo responsable de los recursos naturales para beneficio colectivo de la sociedad, la protección de la diversidad biológica, la prevención de la degradación del suelo y la implementación de una respuesta adecuada al cambio climático, que promueva la resiliencia de las comunidades”.

El Sistema de Saneamiento de la comunidad El Santuario perteneciente a la parroquia La Matriz del cantón Quero, diseñado en el 2006, consiste en un red de

alcantarillado combinado que recoge las aguas residuales y las conduce hasta la planta de tratamiento la cual basa su funcionamiento esencialmente en la remoción de DBO y Sólidos Suspendidos. Finalmente, el agua tratada rica en nitrógeno se dispone en un campo de infiltración de aproximadamente 300 m<sup>2</sup> de donde se aprovecha su uso para el riego agrícola. A través de los años se ha afectado la funcionalidad del sistema, por un lado, debido al incremento en las descargas en el sistema de alcantarillado existente y también, por la inoperancia adecuada de las unidades de conducción y tratamiento, factores que han propiciado una deficiente depuración de las aguas residuales para su posterior incorporación al medio natural, desencadenando así condiciones desfavorables en la calidad de vida de los habitantes y alterando el equilibrio ecológico.

El GAD Municipal del cantón Quero en consideración al déficit del sistema se ha visto en la necesidad de llevar a cabo una evaluación del sistema de la red de alcantarillado existente y un rediseño tomando en cuenta el incremento de la población, así como el mejoramiento de la planta de tratamiento para que el agua residual pase por un adecuado tratamiento físico, químico y microbiológico antes de que se incorporen nuevamente al medio natural.

En definitiva, el presente proyecto tiene la finalidad generar una solución la deficiente obra de saneamiento, y de esa forma garantizar la calidad de vida de sus habitantes y asegurar el cumplimiento de normativas ambientales en cuanto a disposición de aguas residuales.

### **1.1.3 Fundamentación Legal**

El marco legal aplicable que justifica el presente Proyecto Técnico denominado “Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para mejorar la calidad de vida de la comunidad El Santuario, parroquia La Matriz, cantón Quero, provincia de Tungurahua.” son los siguientes:

#### **1.1.3.1 CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR**

Publicada en el Registro Oficial 449 de 20 de octubre del 2008.

## **TITULO II: DERECHOS**

### **Capítulo Sexto: Derechos de Libertad**

Art. 66. Literal 2.- “Se reconoce y garantizará a las personas: El derecho a una vida digna, que asegure la salud, alimentación y nutrición, agua potable, vivienda, saneamiento ambiental, educación, trabajo, empleo, descanso y ocio, cultura física, vestido, seguridad y otros servicios sociales necesarios” [8].

## **TITULO V : ORGANIZACIÓN TERRITORIAL DEL ESTADO.**

### **Capítulo Cuarto: Régimen de Competencias**

Art. 264. Literal 4.- Los gobiernos municipales tendrán las siguientes competencias exclusivas sin perjuicio de otras que determine la ley: Prestar los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental y aquellos que establezca la ley [8].

## **TITULO VI: RÉGIMEN DE DESARROLLO**

### **Capítulo Quinto : Sectores Estratégicos, Servicios Y Empresas Públicas**

Art. 314.- El Estado será responsable de la provisión de los servicios públicos de agua potable y de riego, saneamiento, energía eléctrica, telecomunicaciones, vialidad, infraestructuras portuarias y aeroportuarias, y los demás que determine la ley. El Estado garantizará que los servicios públicos y su provisión respondan a los principios de obligatoriedad, generalidad, uniformidad, eficiencia, responsabilidad, universalidad, accesibilidad, regularidad, continuidad y calidad. El Estado dispondrá que los precios y tarifas de los servicios públicos sean equitativos, y establecerá su control y regulación [8].

## **TITULO VII: RÉGIMEN DEL BUEN VIVIR**

### **Capítulo Segundo : Biodiversidad Y Recursos Naturales**

#### ***Sección Sexta: Agua***

Art. 411.- El Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en

las fuentes y zonas de recarga de agua La sustentabilidad de los ecosistemas y el consumo humano serán prioritarios en el uso y aprovechamiento del agua [8].

Art. 415.- “Los gobiernos autónomos descentralizados desarrollarán programas de uso racional del agua, y de reducción reciclaje y tratamiento adecuado de desechos sólidos y líquidos” [8].

### **1.1.3.2 CÓDIGO ORGÁNICO DEL AMBIENTE**

Publicada en el Registro Oficial Suplemento 983 de 12 de abril del 2017.

## **LIBRO TERCERO: DE LA CALIDAD AMBIENTAL**

### **TITULO II: SISTEMA ÚNICO DE MANEJO AMBIENTAL**

#### **Capítulo V: Calidad de Los componentes Abióticos y estado de los componentes bióticos**

Art. 196.- Tratamiento de aguas residuales urbanas y rurales. Los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales deberán contar con la infraestructura técnica para la instalación de sistemas de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales urbanas y rurales, de conformidad con la ley y la normativa técnica expedida para el efecto. Asimismo, deberán fomentar el tratamiento de aguas residuales con fines de reutilización, siempre y cuando estas recuperen los niveles cualitativos y cuantitativos que exija la autoridad competente y no se afecte la salubridad pública. Cuando las aguas residuales no puedan llevarse al sistema de alcantarillado, su tratamiento deberá hacerse de modo que no perjudique las fuentes receptoras, los suelos o la vida silvestre. Las obras deberán ser previamente aprobadas a través de las autorizaciones respectivas emitidas por las autoridades competentes en la materia [9].

### **1.1.3.3 LEY ORGÁNICA DE RECURSOS HÍDRICOS USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA**

Publicada en el Registro Oficial Suplemento 305 de 06 de agosto del 2014.

## **TITULO III: DERECHOS, GARANTÍAS Y OBLIGACIONES**



## **Capítulo I: Derecho Humano al Agua**

Art. 57.- Definición. El derecho humano al agua es el derecho de todas las personas a disponer de agua limpia, suficiente, salubre, aceptable, accesible y asequible para el uso personal y doméstico en cantidad, calidad, continuidad y cobertura. Forma parte de este derecho el acceso al saneamiento ambiental que asegure la dignidad humana, la salud, evite la contaminación y garantice la calidad de las reservas de agua para consumo humano. El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. Ninguna persona puede ser privada y excluida o despojada de este derecho [10].

### **1.1.3.4 LEY ORGÁNICA DE SALUD**

Publicada en el Registro Oficial Suplemento 423 de 22 de diciembre del 2006.

## **LIBRO II: SALUD Y SEGURIDAD AMBIENTAL**

### **TITULO ÚNICO**

#### **Capítulo II: De los desechos comunes, infecciosos, especiales y de las radiaciones ionizantes y no ionizantes**

Art. 102.- Es responsabilidad del Estado, a través de los municipios del país y en coordinación con las respectivas instituciones públicas, dotar a la población de sistemas de alcantarillado sanitario, pluvial y otros de disposición de excretas y aguas servidas que no afecten a la salud individual, colectiva y al ambiente; así como de sistemas de tratamiento de aguas servidas [11].

### **1.1.3.5 LEY DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL**

Publicada en el Registro Oficial Suplemento 418 de 10 de septiembre del 2004.

#### **Capítulo II: De la prevención y control de la contaminación de las aguas**

Art. 6.- Queda prohibido descargar, sin sujetarse a las correspondientes normas técnicas y regulaciones, a las redes de alcantarillado, o en las quebradas, acequias, ríos, lagos naturales o artificiales, o en las aguas marítimas, así como infiltrar en terrenos, las aguas residuales que contengan

contaminantes que sean nocivos a la salud humana, a la fauna, a la flora y a las propiedades [12].

Art. 7.- El Consejo Nacional de Recursos Hídricos, en coordinación con los Ministerios de Salud y del Ambiente, según el caso, elaborarán los proyectos de normas técnicas y de las regulaciones para autorizar las descargas de líquidos residuales, de acuerdo con la calidad de agua que deba tener el cuerpo receptor [12].

Art. 8.- “Los Ministerios de Salud y del Ambiente, en sus respectivas áreas de competencia, fijarán el grado de tratamiento que deban tener los residuos líquidos a descargar en el cuerpo receptor, cualquiera sea su origen” [12].

Art. 9.- Los Ministerios de Salud y del Ambiente, en sus respectivas áreas de competencia, también, están facultados para supervisar la construcción de las plantas de tratamiento de aguas residuales, así como de su operación y mantenimiento, con el propósito de lograr los objetivos de esta Ley [12].

#### **1.1.3.6 TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DE MEDIO AMBIENTE**

Publicada en el Registro Oficial Edición Especial 2 de 31 de marzo de 2003. Última modificación el 23 de noviembre de 2018.

### **LIBRO VI :DE LA CALIDAD AMBIENTAL**

### **TITULO III: DEL SISTEMA ÚNICO DE MANEJO AMBIENTAL**

### **Capítulo VIII: Calidad de los componentes bióticos y abióticos**

#### ***Sección III: Calidad de componentes abióticos***

#### **Parágrafo I: Del agua**

Art. 210. Prohibición.- De conformidad con la normativa legal vigente: A) Se prohíbe la utilización de agua de cualquier fuente, incluida las subterráneas, con el propósito de diluir los efluentes líquidos no tratados. B) Se prohíbe la descarga y vertido que sobrepase los límites permisibles o criterios de calidad correspondientes establecidos en este Libro, en las normas técnicas o anexos de aplicación. C) Se prohíbe la

descarga y vertidos de aguas servidas o industriales, en quebradas secas o nacimientos de cuerpos hídricos u ojos de agua. D) Se prohíbe la descarga y vertidos de aguas servidas o industriales, sobre cuerpos hídricos, cuyo caudal mínimo anual no esté en capacidad de soportar la descarga; es decir que, sobrepase la capacidad de carga del cuerpo hídrico [13].

#### **1.1.4 Fundamentación Teórica**

##### **1.1.4.1 Levantamiento topográfico**

Conjunto de operaciones de campo necesarias para llevar a cabo la descripción de un terreno en específico a partir de la determinación de la posición de puntos y distancias en la superficie de la tierra de objetos naturales o artificiales, lo cual permite dibujar mapas o planos de un lugar tomando en cuenta el relieve del terreno, diferencias de alturas y a una escala determinada.

##### **1.1.4.2 Sistemas de alcantarillado**

Se denomina sistema de alcantarillado a la serie de tuberías y obras hidráulicas empleados para recolectar, transportar y disponer de las aguas servidas y de lluvias desde el lugar donde se generan hasta el sitio en el cual se tratan y se unen a los cuerpos de agua natural con el propósito de evitar que se originen problemas sanitarios por las excretas y las inundaciones.

##### **1.1.4.2.1 Clasificación de los Sistemas de Alcantarillado**

Se pueden diferenciar dos clases de sistemas de alcantarillado: convencionales y no convencionales.

###### ***1.1.4.2.1.1 Sistemas de alcantarillado convencionales***

Se caracterizan por sus grandes diámetros de tuberías lo cual permite una flexibilidad en su operatividad. Estos sistemas se clasifican en:

- ***Alcantarillado Separados*** : emplea redes independientes para la disposición tanto de las aguas residuales domésticas y aguas industriales pretratadas (Alcantarillado Sanitario) como para la conducción de la escorrentía pluvial (Alcantarillado Pluvial).

- ***Alcantarillado Combinados:*** conduce las todas las aguas residuales y escorrentía pluvial de una zona por una misma red de tuberías.
- ***Alcantarillado Mixtos:*** es una combinación de sistemas de alcantarillado separados y combinados dentro de una misma zona.

#### ***1.1.4.2.1.2 Sistemas de alcantarillado no convencionales***

Son sistemas que satisfacen principalmente las necesidades de evacuación de aguas residuales sanitarias de asentamientos poblaciones de bajos recursos por lo que requieren una mayor definición de los parámetros de diseño pues es de baja flexibilidad operativa. Se clasifican de acuerdo con la tecnología aplicada en :

- ***Alcantarillado Simplificado:*** este sistema está diseñado bajo los mismos parámetros que los sistemas convencionales, pero permite la disminución de diámetros de tuberías y distancia entre pozos de revisión al disponer de mejores equipos de mantenimiento [14].
- ***Alcantarillados condominales:*** este sistema evacua las aguas residuales de un conjunto de viviendas de un área menor a una hectárea y las conduce a un sistema convencional [14].
- ***Alcantarillado sin arrastre de sólidos:*** denominados también alcantarillados a presión, utiliza un tanque receptor para eliminar los residuos sólidos presentes en el caudal que sale de las viviendas y conducir el caudal líquido a una planta de tratamiento o a un sistema de alcantarillado convencional a través de tuberías a presión [14].

La selección del sistema emplearse depende de las características propias del proyecto mediante un análisis técnico, social y económico del área de influencia. Pero por otro lado según desde mediados del siglo XX construir redes separadas ha reducido el costo de depuración y los procesos al reducirse también el caudal a tratar [15], pero tiene una gran desventaja y es que el control de los vertidos debe ser más exhaustivo para evitar que el caudal pluvial se una al caudal sanitario lo que implicaría una explotación al sistema considerando que el caudal pluvial no requiere de un tratamiento complejo antes de ser incorporado a los cuerpos receptores.

### 1.1.4.3 Componente de las redes de alcantarillado

#### 1.1.4.3.1 Tuberías primarias y secundarias

La selección del material de las tuberías debe hacerse de acuerdo con el dimensionamiento hidráulico, características fisicoquímicas del agua y otras características adecuadas que garanticen su integridad y el buen funcionamiento del sistema de recolección sanitaria. De acuerdo con la EMAAP-Q, los materiales usados en nuestro medio son los indicados en la Tabla 1.

**Tabla 1** Materiales usados en tuberías.

Material	Simbología
Hormigón simple	HS
Hormigón armado	HA
Policloruro de vinilo	PVC
Hierro fundido	HF
Poliéster reforzado con fibra de vidrio	PRFV
Poliétileno de alta densidad	PEAD

**Fuente:** EMAAP-Q 2009

**Fuente:** El autor

#### 1.1.4.3.2 Pozos de revisión

Son estructuras de la red sanitaria que se ubican en las intersecciones de las tuberías, variaciones pendientes y de dirección, estas tienen la finalidad de dar acceso a la parte interna del sistema para llevar a cabo tareas de inspección o mantenimiento. Las máxima distancia entre pozos se describe en la Tabla 2.

**Tabla 2** Máxima distancia entre pozos de revisión.

Diámetro [mm]	Distancia [m]
Menores de 350	100
400-800	150
Mayores a 800	200

**Fuente:** CPE INEN 5 Parte 9-1

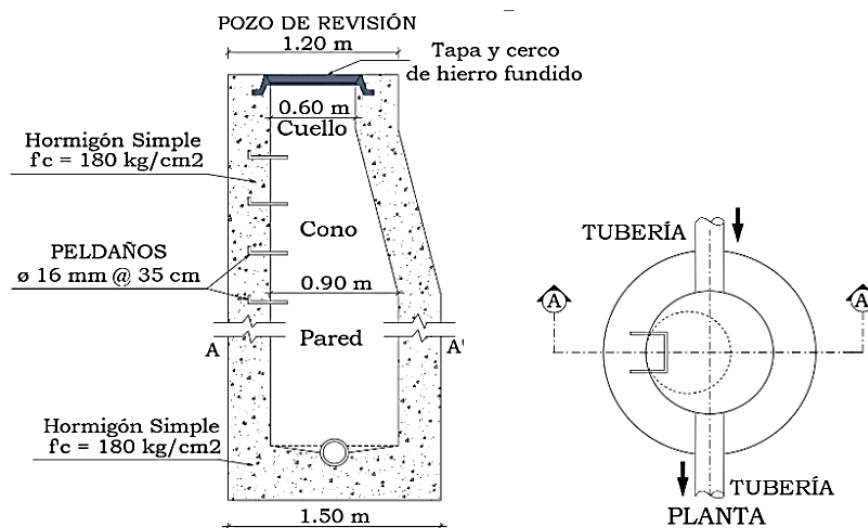
La abertura superior del pozo será de 0.60 m como mínimo mientras que el ancho del cuerpo del pozo se determinará en función de diámetro de la tubería de acuerdo con la Tabla 3.

**Tabla 3** Diámetros recomendados de pozos de revisión.

Diámetro de la tubería [mm]	Diámetro del cuerpo del pozo [m]
Menor o igual a 550	0.9
Mayor a 550	Diseño especial

**Fuente:** CPE INEN 5 Parte 9-1

Los pozos de revisión cuentan con tapas que serán circulares y en lo posible de hierro fundido, el uso de tapas de hormigón requerirá de la aprobación de la SAPYSB.

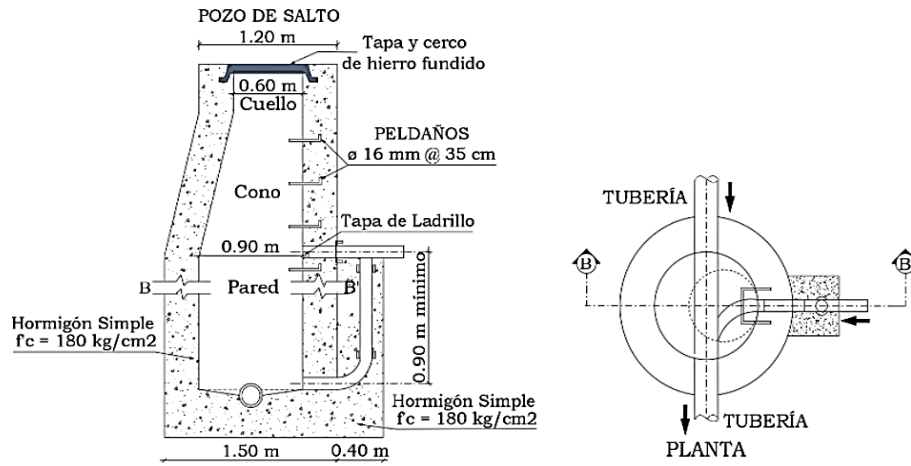


**Figura 1.** Partes de un pozo de revisión

**Fuente:** B. Tibán [16]

#### 1.1.4.3.3 Pozos de salto

Son estructuras que tienen el propósito mantener la integridad de las paredes del pozo caídas por la erosión que produce la velocidad del flujo. Estas constan de tuberías verticales y horizontales para transportar el flujo al fondo del pozo cuando la diferencia de alturas de las tuberías de llegada y salida sea mayor a 0.60 m [16].



**Figura 2.** Partes de un pozo de salto

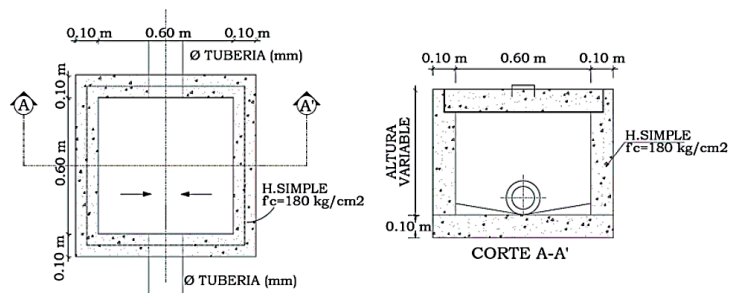
**Fuente:** B. Tibán [16]

#### 1.1.4.3.4 Conexiones domiciliarias

Es la serie de tuberías y accesorios que permiten que la descarga domicilia sea evacuada a los conductos del sistema de alcantarillado. Los elementos que conforman una conexión domiciliaria son los siguientes:

##### 1.1.4.3.4.1 Cajas de revisión

Es la estructura que inicia la conexión domiciliaria y la cual recibe el caudal intradomiciliario. Su sección mínima es de 0.60 x 0.60 m y con una profundidad de acuerdo con las necesidades requeridas [16].



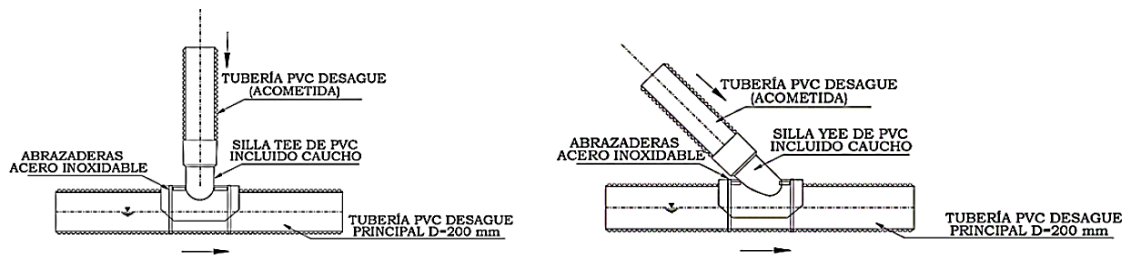
**Figura 3.** Caja de revisión

**Fuente:** B. Tibán [16]

##### 1.1.4.3.4.2 Acometida

Es el tramo de tubería mediante el cual se conectan la caja de revisión y la tubería principal de alcantarillado, esta conexión se realiza formando un ángulo de 45° o en

lo posible a 90° hacia la parte superior de la tubería principal. Esta acometida tiene un diámetro mínimo de 100 mm.



**Figura 4.** Conexión de acometida

**Fuente:** B. Tibán [16]

#### **1.1.4.4 Parámetros generales de diseño**

##### **1.1.4.4.1 Periodo de diseño**

Corresponde al lapso de tiempo durante el cual una obra o estructura trabaja de manera óptima y que al término de éste trabaja a saturación[17].

##### **1.1.4.4.2 Área de diseño**

Es la superficie de terreno considerando la expansión futura, esta área toma en cuenta las posibles proyecciones de expansión territorial que presentara la zona en estudio. Además, se toma en cuenta el plan de desarrollo definido por la autoridad competente, sin embargo, de no contar con uno se analiza la situación actual y se proyecta el comportamiento de desarrollo territorial hacia el futuro para incluir el posterior desarrollo.

##### **1.1.4.4.3 Áreas Tributarias**

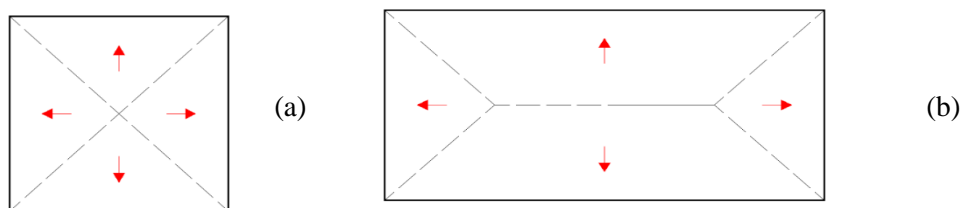
La topografía es determinante para definir las zonificaciones aportantes al proyecto de alcantarillado, cuando se trata de zonas irregulares se tomará en cuenta para definir los sitios de drenaje.

Para los casos de zonas relativamente planas y que son cuadradas o aproximadamente cuadradas como se muestra en la Figura 5 (a), estas porciones se dividen en diagonales entre pozos, donde los ejes de las calles que las rodean son sus lados [18].

En el caso de zonas relativamente planas rectangulares o paralelogramos como lo indicado en la Figura 5 (b), se dividen en triángulos y trapecios, en el que los lados



menores con las bases de los triángulos y los lados adyacentes forman ángulos aproximados de 45° [18].



**Figura 5.** Áreas de aporte. (a) Zonas aproximadamente cuadradas, (b) Zonas aproximadamente rectangulares.

**Fuente:** El autor

#### 1.1.4.4 Población

##### 1.1.4.4.1 Tasa de crecimiento poblacional

La determinación de la tasa de crecimiento poblacional está en base a los datos proporcionados por el INEC además de las encuestas realizadas a los habitantes de la comunidad.

Según el último informe censal del INEC en el 2010 los datos de población para el cantón Quero son los indicados en la Tabla 4.

**Tabla 4** Censos poblacional del Cantón Quero.

AÑO CENSAL	POBLACIÓN
1974	12 783
1982	14 177
1990	15 997
2001	18 187
2010	19 205

**Fuente:** INEC (Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos)

El cálculo de la tasa de crecimiento poblacional se determina por tres métodos usados comúnmente:

- **Método Aritmético:** Es un método lineal que considera un crecimiento poblacional constante, es decir, el monto del incremento poblacional es igual en cada unidad de tiempo.
- **Método Geométrico:** Considera que el porcentaje de crecimiento poblacional es constante en cada unidad de tiempo y no el monto en cada unidad de tiempo.

- **Método Exponencial:** Considera un crecimiento poblacional continuo y no por cada unidad de tiempo.

En el caso de que no se cuente con datos censales proporcionados por el INEC, se permite usar la tasa de crecimiento indicada en la Tabla 5, y aplicarlo en el método geométrico.

**Tabla 5** Tasas de crecimiento poblacional

REGIÓN GEOGRÁFICA	r (%)
Sierra	1.0
Costa, Oriente y Galápagos	1.5

**Fuente:** CPE INEN 5 Parte 9-2

#### **1.1.4.4.2 Población actual**

Corresponde a la población exclusiva existente en el sitio del proyecto. Esta puede obtenerse por tres métodos.

- **Método 1:** Se obtiene mediante los datos proporcionados por el INEC y/o encuestas aplicadas.
- **Método 2:** Por la medición del número de viviendas que se implantan en el área del proyecto multiplicado por la destinación del número de habitantes por vivienda (dato del INEC).
- **Método 3:** El producto del área del proyecto por la densidad poblacional actual (Dato obtenido del plan maestro del GADM).

#### **1.1.4.4.3 Población flotante**

Es aquella población que permanece en un determinado lugar de manera cotidiana durante un cierto periodo de tiempo, estos pueden ser trabajadores o usuario que prestan un servicio administrativo, educacional, recreacional , salud ,etc.

#### **1.1.4.4.4 Población futura**

El cálculo de la población futura se debe realizar por al menos tres métodos para proyectar el crecimiento poblacional, pudiendo estos ser: proyección aritmética, geométrica, incrementos diferenciales, comparativos y entre otros [17]. Los métodos empleados deben guiar al diseñador para fijar la óptima demanda al final del periodo de diseño.

- **Método Aritmético:** La población crece de forma invariable en un intervalo de tiempo y no depende del tamaño de la población.
- **Método Geométrico:** El crecimiento poblacional es proporcional a la población en cada lapso.
- **Método Exponencial:** El crecimiento poblacional es continuo y no por cada unidad de tiempo.

#### ***1.1.4.4.5 Densidad poblacional (Dp)***

Indica el número de habitantes correspondientes a una unidad de superficie, siendo esta unidad generalmente la hectárea (Ha). La superficie que se usará corresponde al área neta producto del levantamiento topográfico [19].

#### **1.1.4.4.5 Dotación de agua potable**

Es el consumo de agua potable promedio requerido diariamente por cada habitante, esta expresado en litros por habitante por día (lt/hab\*día). Incluye los consumos domésticos, industriales, comercial y público. Existen factores que inciden en el valor de la dotación como:

- Características climatológicas.
- Nivel de vida
- Tamaño de la población
- Actividad productiva
- Características económicas y culturales

##### ***1.1.4.4.5.1 Dotación actual (Da)***

Es la cantidad de agua potable promedio que cada habitante requiere diariamente al inicio del periodo de diseño.

##### ***1.1.4.4.5.2 Dotación futura (Df)***

Es la cantidad de agua potable promedio que cada habitante requiere diariamente al final del periodo de diseño. Se considera un incremento equivalente a 1 litro por habitante por día (1 lt/hab\*día) durante el periodo de diseño [19].

#### **1.1.4.4.6 Caudales de diseño de aguas residuales.**

Un sistema de alcantarillado sanitario evacua aguas residuales de diverso origen entre las cuales se tienen:

#### ***1.1.4.4.6.1 Caudal medio diario sanitario ( $Q_{mds}$ )***

Es el caudal promedio de descargas al sistema de alcantarillado durante un periodo de 24 horas en un año, engloba las contribuciones domésticas, industrial ,comercial e institucional.

##### ***1.1.4.4.6.1.1 Aguas residuales domesticas ( $Q_D$ )***

Es el agua residual proveniente que se genera en los domicilios de los habitantes de la población que son producto de las actividades diarias de limpieza, aseo personal, preparación de alimentos, aparatos sanitarios, etc.

#### **COEFICIENTE DE RETORNO (C)**

Debido a que no toda la totalidad del caudal de uso doméstico suministrado va a la red de alcantarillado, ya sea que se pierda por consumo directo, riego de plantas, evaporación u otros, se considera un coeficiente de retorno constante durante todo el periodo de diseño y para toda el área servida salvo que el proyectista justifique lo contrario [20].

##### ***1.1.4.4.6.1.2 Aguas residuales Industriales ( $Q_{IND}$ )***

Es la contribución al caudal por las industrias existentes en las zona del proyecto, el cual depende del tipo de industria y de su tamaño.

##### ***1.1.4.4.6.1.3 Aguas residuales Comerciales ( $Q_C$ )***

Es al caudal adicional a tomar en cuenta por una mayor densidad poblacional en esa área dadas las actividades comerciales que en ella se desarrollan.

##### ***1.1.4.4.6.1.4 Aguas residuales Institucionales ( $Q_{INST}$ )***

Escuelas , colegios, universidades, entidades públicas y privadas, hospitales, centros de retención generan un mayor consumo de agua y por tanto también generan una mayor contribución al caudal sanitario.

#### ***1.1.4.4.6.2 Caudal máximo instantáneo ( $Q_i$ )***

Es el máximo caudal que puede suceder en un periodo del día y satura el sistema en las horas pico. Está relacionado con el caudal medio diario sanitario afectado por un factor de mayoración M. También se lo denomina caudal máximo Horario.

## COEFICIENTE DE MAYORACIÓN M

El coeficiente de punta o mayoración permite determinar el caudal máximo horario a partir del caudal medio diario sanitario. El factor toma en cuenta la variación de consumo de agua que tiene la población y decrece mientras el número de habitantes servidos crece.

- **Coeficiente de Babbit:**

Se considera aplicable para poblados de 1000 a 10000 habitantes y toma un valor de 4.0 para poblados con menos de 1000 habitantes.

- **Coeficiente de Harmon:**

Su rango de aplicabilidad recomendado es cuando  $2 \leq M \leq 3.8$  y para poblados medianamente grandes entre 1000 a 100000 habitantes. Para poblaciones con un número de habitantes que no estén dentro de su rango se tomará sus valores límites inferior y superior.

- **Coeficiente de Flores:**

La población para la cual se calcula el coeficiente de Flores no está restringida, por lo que P puede tomar cualquier número de habitantes, pero podría sobrestimar los valores para poblaciones muy pequeñas.

- **Coeficiente de Popel:**

Es empleado para poblados grandes, sus valores se indican en la Tabla 6:

**Tabla 6** Valores del coeficiente de Popel.

Población en miles	Coeficiente M
Menor a 5	2.40 a 2.00
5 a 10	2.00 a 1.85
10 a 50	1.85 a 1.60
50 a 250	1.60 a 1.33
Mayor a 250	1.33

**Fuente:** Norma Boliviana NB 688 2007

#### ***1.1.4.4.6.3 Caudal de conexiones erradas ( $Q_e$ )***

Al sistema de alcantarillado sanitario se pueden sumar aportes no contemplados producto de conexiones ineficaces. Los aportes que alimentan este caudal son los producidos por las aguas pluviales que se introducen al sistema, causados por las malas conexiones de bajantes de tejados y patios [21].

#### ***1.1.4.4.6.4 Caudal de infiltración ( $Q_{inf}$ )***

Inevitablemente se genera un aporte por infiltración dada la humedad del suelo por aguas superficiales o encause accidental o clandestino de aguas pluviales. Esta infiltración se puede dar en:

- Uniones y juntas de tuberías
- Paredes de tuberías
- Estructuras del sistema: Cámaras de inspección, Pozos de visita, Cajas de inspección, etc.

Esta es una contribución lineal que depende de características topográficas y de suelos, nivel freático, precipitación de la zona [22] ya que estos factores que afectan a las tuberías.

#### ***1.1.4.4.6.5 Caudal de diseño***

Es el caudal con el que se dimensiona el sistema sanitario bajo el criterio de tramo a tramo y considerando además el caudal acumulado en ellos. Está definido por la sumatoria del caudal máximo instantáneo, caudal de conexiones erradas y caudal por infiltración .

#### ***1.1.4.4.6.6 Flujo mínimo en las redes***

En el diseño de los sistemas de alcantarillado se asume que el caudal es constante, sin embargo, en la práctica esto se aleja de la realidad sobre todo en los tramos iniciales donde el gasto que circulan en ellos es variable y tiende al decremento en función de las descargas que se producen en un instante dado.

Para no sub dimensionar el sistema se recomienda emplear un valor de flujo mínimo especialmente en el diseño de los tramos iniciales o en donde no se cuente con datos necesarios para el cálculo. El flujo pico mínimo que se considera representa a la descarga de un inodoro sanitario cuyo valor se fija, según la experiencia mencionada por la Organización Panamericana de la Salud , en 1.5 lt/seg [23].

### 1.1.4.5 Parámetros hidráulicos

#### 1.1.4.5.1 Diámetro interno mínimo

El diámetro mínimo en tuberías de sistemas de alcantarillado sanitario es 200 mm, este satisface el escenario en el que objetos de tamaño relativamente grande se incorporen al sistema y ocasionen su obstrucción.

#### 1.1.4.5.2 Velocidades de diseño

##### 1.1.4.5.2.1 Velocidades mínimas

Es la velocidad a la cual el agua residual en condiciones de caudal máximo instantáneo no sea menor que 0.45 m/seg previniendo así la sedimentación de material sólido, y que además evite la acumulación de ácido sulfhídrico en el líquido tomando una velocidad preferiblemente mayor que 0.60 m/s [17]. Esta velocidad también garantiza un estado de autolimpieza.

##### 1.1.4.5.2.2 Velocidades máximas

Es la máxima velocidad permitida en el flujo con la finalidad de evitar la erosión y depende del material constitutivo de la tubería o colectores. En la Tabla 7, se muestra los valores de velocidades máximas establecidas por la norma CPE INEN 5 Parte 9-1 para distintos materiales.

**Tabla 7** Velocidades máximas a tubo lleno

Material		Velocidad máxima [m/seg]
Hormigón simple	Con uniones de mortero	4
	Con uniones de neopreno para nivel freático alto.	3.5 a 4
Asbesto cemento		4.5 a 5
Plástico		4.5

**Fuente:** CPE INEN 5 Parte 9-1

#### 1.1.4.5.3 Pendientes de diseño

Las pendientes que deben seguir las tuberías y colectores en general corresponden a las pendientes del terreno en cada tramo, esto reduce la profundidad de excavación y por consiguiente el costo de construcción. Si la topografía de la zona lo permite se puede incrementar las pendientes para generar el efecto auto limpiante en las tuberías y en caso de que la topografía no sea favorable se deberá un mecanismo especial de limpieza y mantenimiento.

#### **1.1.4.5.3.1 Pendiente mínima**

La pendiente mínima en las tuberías del sistema de alcantarillado es aquella que se produce con la velocidad mínima y que permite el efecto de auto limpieza. La pendiente mínima en conexiones domiciliarias será de 1%.

#### **1.1.4.5.3.2 Pendiente máxima**

La pendiente máxima en las tuberías del sistema de alcantarillado es aquella que se produce con la velocidad máxima.

#### **1.1.4.5.4 Coeficientes de rugosidad**

La fórmula de Manning es la ecuación empleada para el diseño hidráulico de las tuberías, la cual contempla un factor o coeficiente de rugosidad  $n$  que es un índice que influye en el comportamiento del modelo pues determina el grado de resistencia que ejerce un tipo de tubería o canal cuando por ella circula un fluido [17], [24]. En la Tabla 8, se muestra los valores recomendados de coeficientes de rugosidad de Manning establecidas por la norma CPE INEN 5 Parte 9-1 para distintos materiales.

**Tabla 8** Coeficientes de rugosidad recomendados

<b>Material</b>		<b>Coefficiente de rugosidad [n]</b>
Hormigón simple	Con uniones de mortero	0.013
	Con uniones de neopreno para nivel freático alto.	0.013
Asbesto cemento		0.011
Plástico		0.011

**Fuente:** CPE INEN 5 Parte 9-1

Por otro lado la Norma NB-688, establece que para alcantarillados sanitarios se deberá tomar un valor de  $n=0.013$ , debido a que la película biológica que se forma en las tuberías hace que este coeficiente de rugosidad se uniformice sin importar el tipo de material que la constituya [21].

#### **1.1.4.5.5 Profundidad de tuberías**

Para el trazado de la red de tuberías que conforman el sistema de alcantarillado deberá considerarse que las profundidades sean suficientes para recolectar las aguas residuales de las edificaciones que se encuentren por debajo de la cota y a cualquier lado de la calzada [17]. Así mismo, en la medida que sea posible, la tubería de alcantarillado sanitario se colocara al lado opuesto de la calzada a aquél en el que se



ha instalado la tubería de agua potable, es decir, generalmente al sur y al oeste del cruce de los ejes; además deben estar por debajo de la tubería de agua potable a una altura proyectada de 0.30 m cuando sean paralelas y 0.20 m cuando se crucen [17].

#### ***1.1.4.5.5.1 Profundidad mínima a la cota clave***

Para salvaguardar la integridad de la tubería cuando deba soportar tránsito vehicular se considera un relleno mínimo de 1.20 m sobre la clave del tubo [17].

#### ***1.1.4.5.5.2 Profundidad máxima a la cota clave***

El costo de excavación se incrementa a medida que la profundidad de corte crece razón por la cual la profundidad máxima recomendable es de 5 m, sin embargo puede ser mayor si así se lo requiere siempre que la integridad de las estructuras no se perjudique durante y después de la construcción [20].

#### **1.1.4.5.6 Tirante del flujo**

Es la altura o calado que alcanza el flujo al transportarse por las tuberías. Es necesario que se cuente con una distancia libre para la ventilación adecuada del flujo de aguas residuales por lo que el valor máximo permisible de la profundidad hidráulica debe estar entre 70% y 85% del diámetro real de la tubería [20].

#### **1.1.4.5.7 Tensión tractiva**

El flujo que circula ejerce un esfuerzo tangencial unitario sobre una tubería o colector, y en consecuencia también sobre el material depositado, en el sentido de transporte, a este esfuerzo se lo denomina tensión tractiva o tensión de arrastre [3].

El valor mínimo de tensión tractiva para evitar la sedimentación será de 1 Pa y deberá verificarse en cada tramo. Para el caso de tramos de inicio la tensión tractiva mínima será de 0.60 Pa [21].

#### **1.1.4.6 Planta de tratamiento de aguas residuales**

Una planta de tratamiento de agua residual (PTAR) es una serie de estructuras de ingeniería destinadas a remover parcial o completamente los contaminantes presentes en las aguas residuales [16].

Reincorporar el caudal a la naturales con una buena calidad es cada vez más importante en estos tiempos donde la sostenibilidad y sustentabilidad son cada día más imperativos. Los sistemas de alcantarillado reúnen aguas de uso doméstico,

comercial o industrial, cada una presenta un distinto grado de contaminación y que terminan siendo reincorporados en la mayoría de los casos, sin ningún tipo de tratamiento a un cauce natural [25]. Esta falta de conciencia ha sido propicia enfocarse en que esta situación se agrava y es necesario plantear alternativas para reducir esta contaminación y así dejar de afectar a las reservas de agua naturales.

Como lo menciona Ricardo Rojas [26], el tema del tratamiento de las aguas residuales es relativamente reciente siendo su inicio de fines de 1980 y principios del siglo actual el cual tomo fuerza dados los problemas de contaminación de las fuentes hídricas y la aparición de enfermedades.

La primera forma de tratar las aguas residuales consistía en verterlas directamente al suelo, funcionando este como filtro, pero que pronto dejó de ser insuficiente dado el feaciente crecimiento de aguas que conlleva el incremento poblacional, entonces las soluciones de aquella época se centraron en evitar problemas con la agricultura y la industria más que verlo como un problema de salud [26].

Las nuevas prácticas para el tratamiento de aguas residuales propiciaron el estudio de la precipitación química, digestión de fangos, filtración intermitente en arena, filtración en lechos de contacto, aireación de aguas residuales y finalmente en 1912 se desarrolló el proceso de lodos activados [26].

#### **1.1.4.7 Caudales de diseño para las unidades de tratamiento**

En la práctica los caudales que llegan a las diferentes unidades de tratamiento de la PTAR no son constantes, motivo por el cual es necesario determinar los márgenes de variación de los caudales (Caudal máximo, caudal medio y caudal mínimo) pues influyen en los criterios de dimensionamiento de las instalaciones [27]. En la Tabla 9 se muestra los caudales críticos para el diseño y su efecto en las instalaciones.

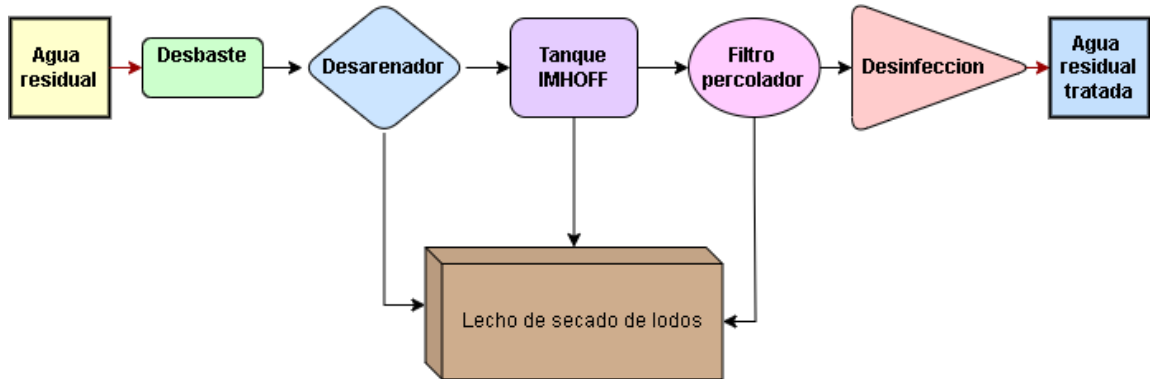
**Tabla 9** Efecto de los caudales y las cargas contaminantes sobre la selección y dimensionamiento de las instalaciones de plantas de tratamiento secundario.

Proceso u operación unitaria	Factores de diseño crítico	Criterios de dimensionamiento	Efecto de los criterios de diseño sobre el funcionamiento de la planta
Bombeo de agua residual y conducciones	Caudal máximo horario	Caudal	Posibilidad de inundación del pozo de bombeo, sobrecarga de la red de alcantarillado, o desbordamiento de las unidades de tratamiento si se supera el caudal punta
Desbaste	Caudal máximo horario	Caudal	Las pérdidas de carga en la circulación a través de rejas y tamices aumentan para caudales elevados.
	Caudal mínimo	Velocidad de aproximación en el caudal	A caudales bajos, puede producirse la deposición de sólidos en el canal.
Desarenado	Caudal máximo horario	Carga de superficie	A caudales elevados, el rendimiento de los desarenadores disminuye, provocando problemas en el resto de las instalaciones.
Sedimentación primaria	Caudal máximo horario	Carga de superficie	La eficacia de la eliminación de sólidos se reduce para cargas de superficie altas; se incrementa la carga en los procesos de tratamiento secundario.
	Caudal mínimo horario	Tiempo de detención	A caudales bajos, el aumento del tiempo de detención puede hacer que el agua devenga séptica
Fangos activados	Caudal máximo horario	Tiempo de residencia hidráulica	Arrastre de sólidos a caudales elevados; puede hacer necesaria la recirculación del fango efluente a caudales bajos.
	Carga orgánica máxima diaria	Relación alimento/ Microorganismos (F/A)	Una demanda de oxígeno alta puede exceder la capacidad de aireación y provocar bajos rendimientos del proceso de tratamiento.
Filtros percoladores	Caudal máximo horario	Carga hidráulica	El arrastre de sólidos a caudales elevados puede provocar bajos rendimientos en el proceso de tratamiento,
	Caudal mínimo horario	Carga hidráulica y carga orgánica	A caudales bajos, puede ser necesario aumentar la recirculación para mantener el proceso
	Carga orgánica máxima diaria	Carga contaminante/ volumen del medio	La presencia de cantidades inadecuadas de oxígeno en las fases de carga punta puede reducir la eficacia del proceso y generar olores.
Sedimentación secundaria	Caudal máximo horario	Carga de superficie o tiempo de detención.	Menor eficacia en la eliminación de sólidos para caudales elevados o tiempos de retención cortos.
	Caudal mínimo horario	Tiempo de detención	Posibilidad de fango ascendente para tiempo de detención dilatados.
	Carga orgánica máxima diaria	Carga de sólidos	La carga de sólidos aplicada a un tanque de sedimentación puede ser un factor limitante
Tanques de cloración	Caudal máximo horario	Tiempo de detención	Para tiempos de detención cortos, la eliminación de bacterias puede ser insuficiente.

**Fuente:** Metcalf & Eddy [27]

### 1.1.4.8 Métodos para el tratamiento de agua residual

Típicamente una PTAR consta de estructuras hidráulicas que permiten llevar a cabo una serie de operaciones físicas, procesos químicos y biológicos, que tiene como objetivo depurar el agua residual de agentes contaminantes antes descargarlo nuevamente al medio. Como en todo sistema, el mantenimiento regular de las estructuras permitirá que su funcionamiento sea adecuado.



**Figura 6.** Esquema de los procesos de tratamiento PTAR.

**Fuente:** El Autor

#### 1.1.4.8.1 Cribado

Es una operación mediante el cual el material grueso de gran tamaño es separado del agua generalmente por rejillas [16]. La criba puede ser de cualquier material, como: una plancha o lamina metálica, de madera, concreto, de celosía fija o emparrillado de barras o varillas de hierro o acero, y en cuanto a la forma puede ser redondos, cuadrados o de cualquier forma geométrica [28].

El cribado puede clasificarse según el método de limpieza, en manual y mecánico cuyas características principales de diseño se incluyen en la Tabla 10, o según el tamaño de las aberturas en rejillas finas (menor a 64 cm) o gruesas (mayor o igual a 64 cm).

Con el fin de proteger bombas, válvulas, tuberías o equipos, en el tratamiento de aguas residuales se usan rejillas comúnmente de acero. Además, el canal de acceso a la rejilla debe tener un diseño que evite que la arena u otro material pesado se acumulen antes o después de esta [28].

**Tabla 10** Parámetros de diseño de las rejillas de barras.

Características	De limpieza manual	De limpieza mecánica
Ancho de barras	0.5 -1.5 cm	0.5 -1.5 cm
Profundidad de las barras	2.5 – 7.5 cm	2.5 – 7.5 cm
Espaciamiento o abertura	2.5 – 5.0 cm	1.5 – 7.5 cm
Pendiente con la vertical	30 ° - 45 °	0 ° - 30 °
Velocidad de acercamiento	0.30 – 0.60 m/seg	0.60 – 1.0 m/seg
Velocidad mínima entre barras	0.30 – 0.60 m/seg	0.60 – 1.2 m/seg
Perdida de energía admisible	15 cm	15 cm

**Fuente:** Tratamiento de Aguas Residuales ,Teoría y principios de diseño [28], [29].

#### **1.1.4.8.1.1 Pérdida de carga en rejas**

Denominada también como pérdida de energía, está definida como la diferencia de alturas antes y después de las rejillas. Esta depende de las forma de las barras, la altura de velocidad del fluido entre las barras y la cantidad de desecho que lleva el agua. En definitiva, mientras más obstrucción presente la rejilla mayor es la pérdida. El límite admisible de pérdida se especifica en la Tabla 10.

#### **1.1.4.8.2 Desarenador**

Es la operación necesaria para proteger al equipo mecánico del desgaste y evitar el ingreso indeseado a las tuberías de partículas de gran volumen como arena, grava u otros de mayor peso específicos que los sólidos orgánicos o sólidos pesados [16].

Los criterios generales sobre donde deben ser ubicadas estas unidades considera: Áreas amplias que permitan la ampliación durante el periodo de diseño, seguridad estructural, fácil mantenimiento a gravedad, localización sobre el nivel freático.

##### **1.1.4.8.2.1 Velocidad en el desarenador**

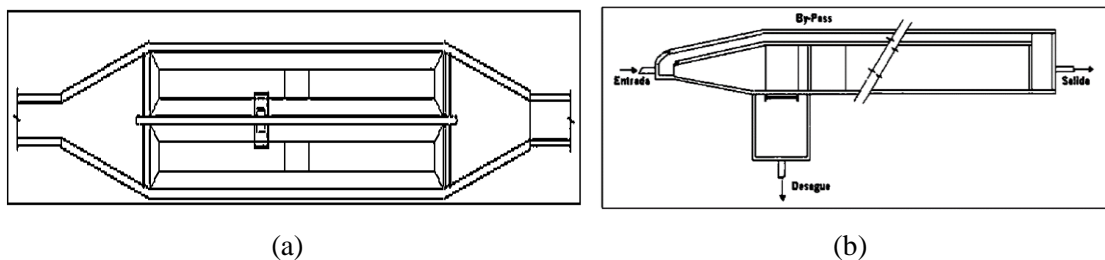
La velocidad de asentamiento vertical depende de la temperatura del agua y las características de la partícula. Es común que los desarenadores sean hechos para remover arenas teniendo estas un peso específico de 2.65 gr/cm<sup>3</sup>.

**CONDICIÓN:** La relación entre la velocidad horizontal de flujo y la velocidad vertical de asentamiento debe ser menor a 20.

#### 1.1.4.8.2.2 Dimensionamiento

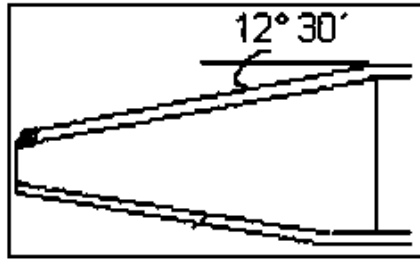
El diseñador debe determinar y justificar las características geométricas del desarenador teniendo en cuenta las siguientes recomendaciones [30], [31]:

- La profundidad efectiva de almacenamiento de arena oscila entre 0.75 m y 1.50 m y puede ocupar el 100% de su profundidad para su objetivo de almacenaje.
- El largo debe ser como mínimo 4 veces el ancho. Es recomendable que mantenga una relación largo /ancho entre 10 a 20.
- La máxima carga superficial es de  $1000 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{día}$  del área horizontal.
- La longitud útil del desarenador y la profundidad efectiva del desarenador debe ser de 10:1.
- El periodo de diseño está comprendido entre 8 y 16 años.
- Se deben diseñar mínimo 2 unidades en paralelo a excepción en los casos de caudales pequeños y bajas turbiedades que pueden contar solo con una unidad y un canal de by-pass para el mantenimiento.
- Su periodo de operación es de 24 horas por día.
- Debe contar con una transición entre la unión del canal o tubería de llegada al desarenador. El ángulo de divergencia de esta transición no debe ser mayor que  $12,30^\circ$ .



**Figura 7.** Vista en planta, Desarenador. (a) Desarenador con dos unidades, (b) Desarenador con una unidad y by-pass

**Fuente:** OPS/CEPIS Guía para el diseño de desarenadores y Sedimentadores [30] .

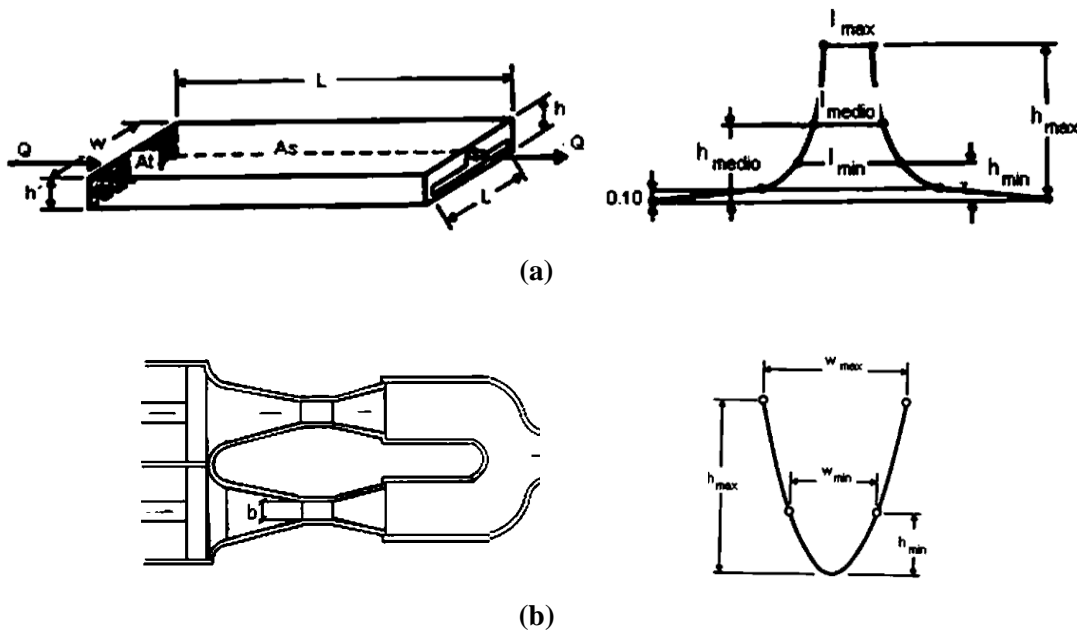


**Figura 8.** Transición al desarenador

**Fuente:** OPS/CEPIS Guía para el diseño de desarenadores y Sedimentadores[30] .

### 1.1.4.8.2.3 Control de velocidad

En la salida del desarenador debe instalarse dispositivos de control de velocidad que permita el paso del agua limpia a las unidades de tratamiento posteriores y evite el arrastre del material sedimentado. Entre los más comunes tenemos al vertedero tipo Sutro , canal Parshall y canal parabólico.



**Figura 9.** Dispositivos de control de velocidad. (a) Vertedero Sutro, (b) Canal Parshall

**Fuente:** OPS/CEPIS Guía para el diseño de desarenadores y Sedimentadores [30] .

### **1.1.4.8.3 Trampa de aceite y grasa**

Es una unidad pequeña de flotación que permite la retención de la grasa en la superficie y conduce el agua aclarada por una descarga inferior hacia otra unidad que requiera este tratamiento para prevenir problemas de obstrucción, adherencia de piezas especiales, acumulación en las unidades de tratamiento y malos olores [29], [32].

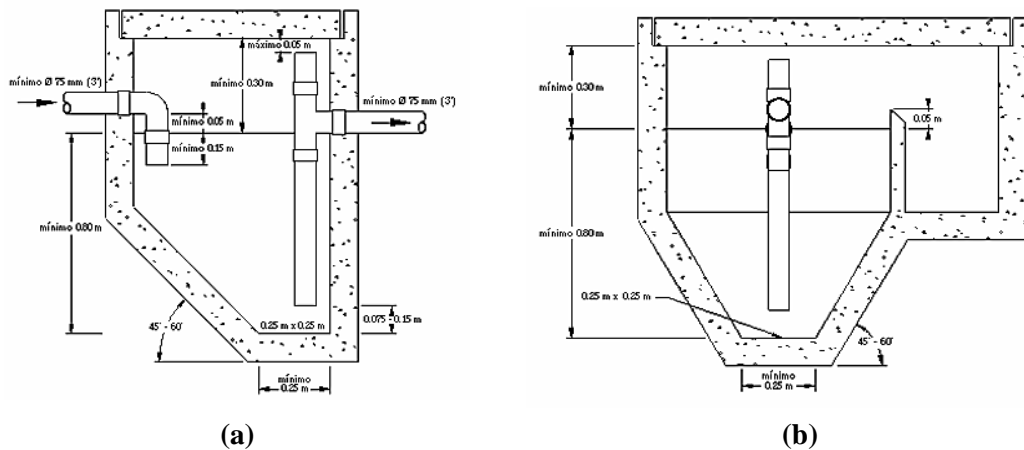
#### ***1.1.4.8.3.1 Criterios básicos de diseño de la trampa de grasa***

El diseño de la trampa de aceites y grasas está basado en criterios establecidos en las Especificaciones Técnicas para el Diseño de Trampa de Grasa (OPS) [32] y la norma RAS-200, Título E [29]:

- El diámetro mínimo de tubería de ingreso y salida será de 75 mm y se hará por medio de un codo de 90°.
- La diferencia de nivel mínima entre la tubería de ingreso y de salida será de 5 cm, además, la tubería de entrada debe prolongarse 15 cm por debajo del nivel del líquido.
- Se deberá dejar una luz libre para la ventilación de máximo 5 cm medida por debajo de la losa de techo hasta la parte superior del dispositivo de salida.
- La parte inferior de la tubería de salida debe mantener una distancia con respecto al fondo como mínimo de 7.5 cm y máximo 15 cm.
- La luz libre mínima entre la cota inferior de la tapa y el nivel del líquido será de 30 cm.
- La forma característica puede ser de tronco cónica o piramidal invertida con la pared del lado de salida vertical.
- La trampa de grasa y el compartimento de almacenamiento de grasa estarán conectados a través de un vertedor de rebose, ubicado a 5 cm sobre el nivel de agua.
- El volumen máximo de acumulación de grasa será de por lo menos 1/3 del volumen total de la trampa de grasa.

Otras medidas y recomendaciones se detallan en Figura 10, Tabla 11 y Tabla 12.





**Figura 10.** Trampa de grasa (a) Trampa de grasa simple, (b) Trampa de grasa con depósito de acumulación de grasa.

**Fuente:** OPS/CEPIS, Especificaciones Técnicas para el Diseño de Trampa de Grasas [32].

**Tabla 11** Tiempo de retención hidráulica para trampa de grasas.

Tiempo de retención [min]	Caudal de Entrada [lt/seg]
3	2 - 9
4	10 - 19
6	20 o más

**Fuente:** RAS-2000, Sección II, Título E [29].

**Tabla 12** Criterios de diseño para Trampa de aceite y grasa.

Parámetro	Valor	Unidad
Volumen mínimo	300	lt
Periodo de retención	2.5 – 3.0	min
Velocidad ascendente mínima	0.004	m/seg
Área mínima	0.25	m <sup>2</sup> *lt/seg
Relación Largo : Ancho	2:1 - 3:2	Razón
	4:1 – 18:1	
Profundidad mínima	0.80	m
Pendiente del lado inclinado	45 – 60	Grados

**Fuente:** RAS-2000, Sección II Título E [29], OPS/CEPIS, Especificaciones Técnicas para el Diseño de Trampa de Grasa [32].

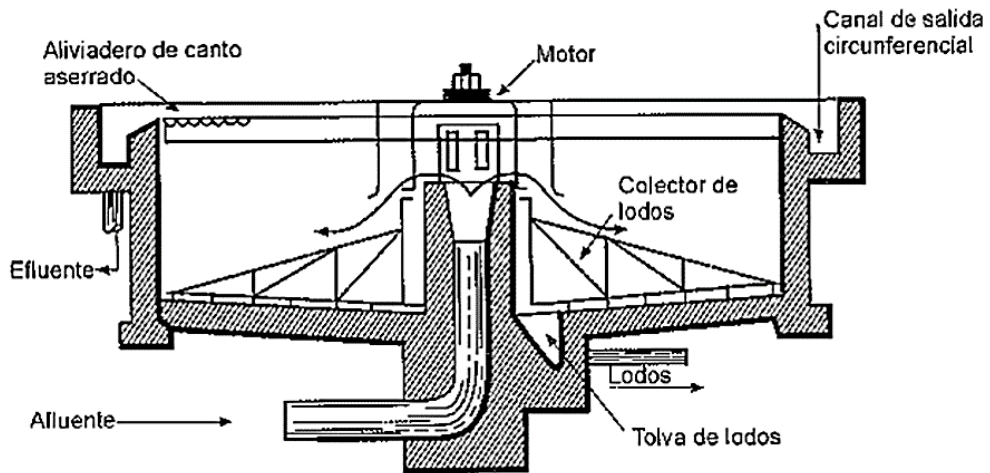
#### 1.1.4.8.4 Sedimentador primario

Son aquellos tanques que reciben el agua residual, comúnmente antes del tratamiento biológico secundario o tratamientos posteriores con la finalidad de suprimir los sólidos fácilmente decantables y otro material flotante . Estos pueden ser de forma rectangular o circular según el tamaño de la instalación, limitaciones del sitio de emplazamiento, disposiciones y reglamentos de las entidades de control. Bien dimensionados y a su máxima eficiencia los tanques de sedimentación eliminan del 50% al 70% de los sólidos suspendidos y el 40% de la DBO<sub>5</sub> .

**Tabla 13** Criterios de diseño de sedimentador primario seguido de tratamiento secundario.

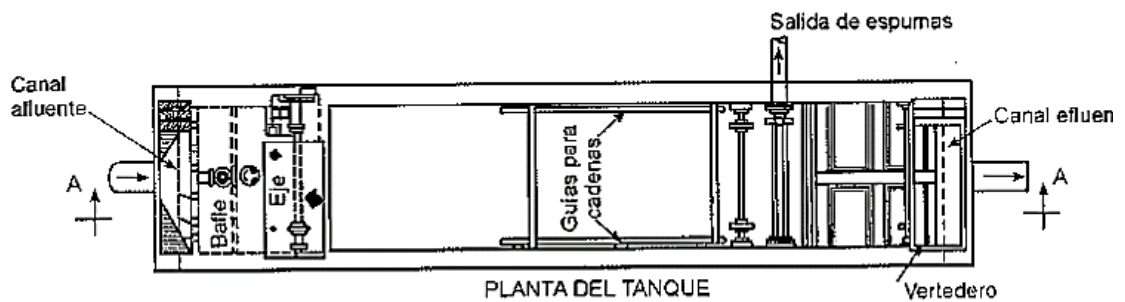
Parámetro	Rango	Valor Típico	Unidad
Periodo de retención	1.5-2.5	2.0	h
Carga de superficie a caudal medio	1.35 – 2.05	0.004	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> *h
Carga de superficie a caudal máximo	3.40 – 5.10		
Carga sobre vertedero	5.15 – 20.50	10.30	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> *h
<i>Dimensiones Tanque rectangular</i>			
Profundidad	3 – 4.5	3.6	m
Longitud	15 - 90	25 - 40	m
Ancho	3 - 25	5 - 10	m
Relación Longitud / Ancho	3 - 6		Razón
Relación Longitud / Profundidad	5 - 20		Razón
Velocidad de los rascadores	0.6 – 1.2	0.9	m/min
<i>Dimensiones Tanque circular</i>			
Profundidad	3 – 4.5	3.6	m
Diámetro	3 - 60	12 - 45	m
Pendiente de la solera	6.25 - 16	8	mm/m
Velocidad de los rascadores	0.02 – 0.05	0.03	m/min

**Fuente:** Tesis Maday Ortega [33], Metcalf & Eddy “Ingeniería de aguas residuales: Tratamiento, vertido y reutilización Volumen II” [34].

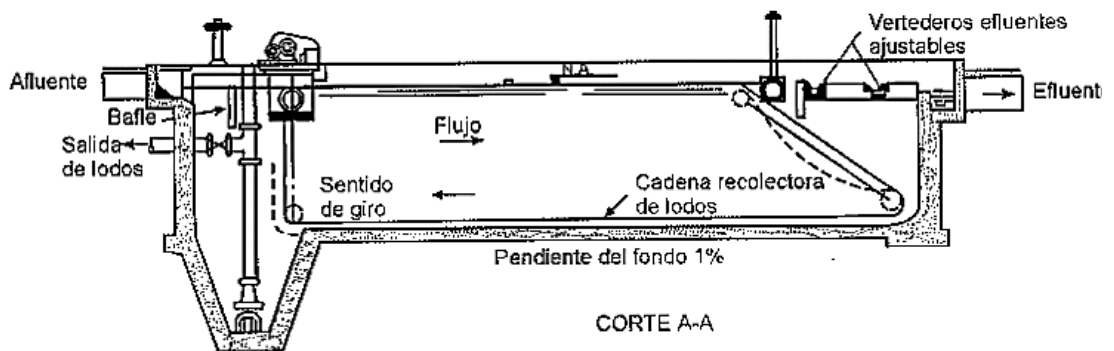


**Figura 11.** Sedimentador circular.

**Fuente:** Tratamiento de Aguas Residuales: Teoría y principios de diseño [28].



(a)



(b)

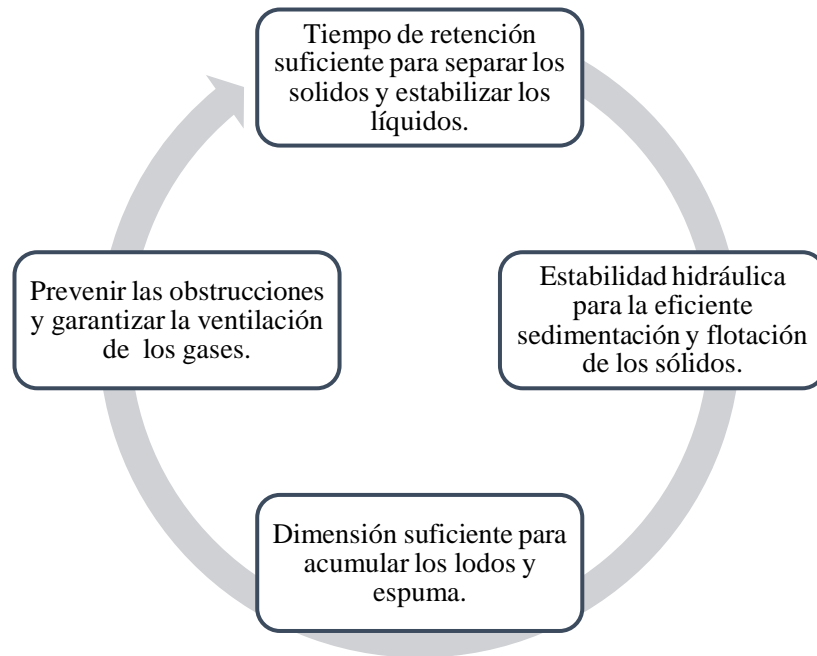
**Figura 12.** Tanque sedimentador rectangular. (a) Planta del tanque. (b) Corte A-A

**Fuente:** Tratamiento de Aguas Residuales: Teoría y principios de diseño [28].

### 1.1.4.8.5 Tanque Séptico

Es un sistema para de tratamiento de aguas residuales que combina la separación y digestión de lodos.

#### 1.1.4.8.5.1 Principios de diseño del tanque séptico



**Figura 13.** Principios básicos para el diseño de tanques sépticos

**Fuente:** OPS/CEPIS, Guía para el diseño de Tanques Sépticos, Tanques Imhoff y Lagunas de estabilización [35].

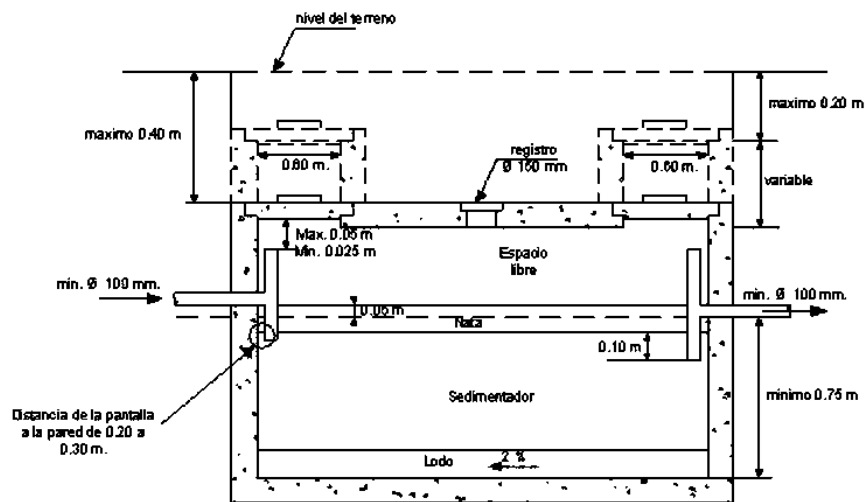
#### 1.1.4.8.5.2 Criterios básicos de diseño del tanque séptico

Las dimensiones del tanque séptico rectangular emplean los siguientes criterios establecidos en la Norma Técnica I.S. 020[36], la Guía de diseño de la Organización panamericana de la Salud (OPS) [35] y la norma RAS-200, Título E [29]:

- Siempre debe contar con una cámara de aire de mínimo 30 cm medida desde el nivel superior de las natas espumas y la parte inferior de la losa de techo.
- El volumen mínimo para el que debe diseñarse no será menor que 3 m<sup>3</sup>.
- El ancho mínimo del tanque es de 60 cm por facilidad constructiva y de maniobras en el mantenimiento.

- La profundidad neta mínima es de 75 cm y no deberá ser mayor que la largo total, en la Tabla 14 se indica los valores de profundidad útil en base a la norma RAS-200, Título E [29].
- El largo y ancho deben mantener una relación de mínimo 2:1 y máximo 4:1.
- Las tuberías de entrada y salida del tanque séptico serán de mínimo 100 mm de diámetro. La tubería de salida debe ubicarse 5 cm debajo del nivel de la tubería de ingreso.
- Los dispositivos de ingreso o salida al tanque séptico se conformarán por Tees o pantallas, si se usa pantallas estas mantendrán una separación obligatoria de las paredes de entre 20 cm y 30 cm.
- El fondo de los tanques séptico mantiene una pendiente del 2% en dirección al ingreso del fluido.
- El diseño de tanques sépticos con una cámara será aceptable para volúmenes no mayores a 5 m<sup>3</sup>, caso contrario podrán diseñarse con dos o más cámaras, pero no más de 4 bajo el criterio de mejoramiento de efluentes donde la cámara 1 albergara entre el 50% y 60% del volumen de sedimentación y las cámaras siguientes el porcentaje restante.
- Siendo W es el ancho del tanque séptico, el largo de la cámara 1 deberá ser 2W y de la segunda W, manteniendo un mínimo de 60 cm.
- Las interconexiones entre cámaras en tanques de más de un compartimiento deben ser de manera tal que no permita el paso de natas y lodos.
- El caudal máximo de diseño para emplear tanques sépticos es 20 m<sup>3</sup>/día, cuando se supere este volumen se debe emplear otra unidad de tratamiento, descartando el colocar tanques en paralelo.

Otras medidas y recomendaciones se detallan en la Figura 14.



**Figura 14.** Criterios de dimensiones de Tanques sépticos

**Fuente:** OPS/CEPIS, Guía para el diseño de Tanques Sépticos, Tanques Imhoff y Lagunas de estabilización [35].

**Tabla 14** Valores de profundidad útil.

Volumen útil [m <sup>3</sup> ]	Profundidad útil mínima [m]	Profundidad útil máxima [m]
Hasta 6	1.2	2.2
6 -10	1.5	2.5
Mas de 10	1.8	2.8

**Fuente:** RAS-2000, Sección II, Título E [29].

#### 1.1.4.8.6 Tanque IMHOFF

El objetivo del Tanque IMHOFF es remover aproximadamente del 40% al 50% de los sólidos suspendidos en la superficie del agua residual y disminuir la demanda bioquímica de oxígeno entre un 25% al 35%. Los sedimentos se almacenan en una cámara de digestión localizada en el fondo y esta debe ser vaciada periódicamente y dirigirlos al lecho de secado [16].

#### 1.1.4.8.7 Filtro percolador

Su propósito es disminuir la carga orgánica de las aguas que vienen del proceso de sedimentación y así evitar la tupición del relleno que soporta la biomasa [16].

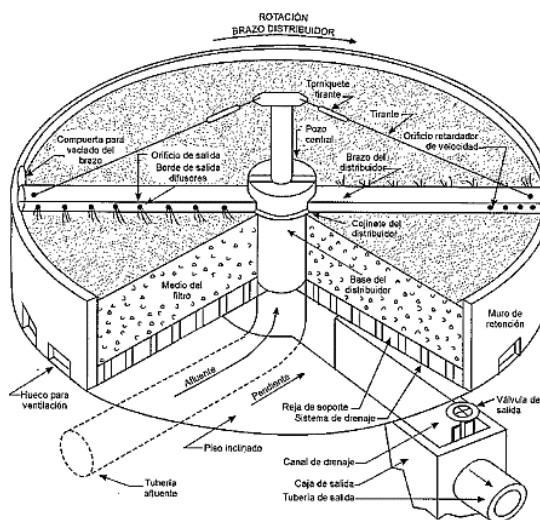
También llamado biofiltro, consiste en un medio filtrante de piedras u otro material natural o sintético en el cual se adhieren los microorganismos del fluido filtrado, lo que permite su crecimiento y formación de lamas o películas microbiales [28].

**Tabla 15** Características principales de los filtros percoladores.

Características	Tasa baja o estándar	Tasa intermedia	Tasa alta	Torres biológicas	Desbaste
Carga hidráulica superficial, [m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> *día ]	1-4	4-9+	9-37*	14-240*	57-171*
Carga hidráulica volumétrica, [m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> *día ]	0.5-2.5	-	-	-	-
Carga orgánica, [kg DBO/ m <sup>3</sup> *día]	0.08-0.32	0.24-0.48+	0.32-1.8+	≤4.8+	>2+
Profundidad, [m]	1.5-3.0	1.0-2.5	0.9-2.5	≤12	0.9-6
Medio	Piedra, escoria	Piedra, escoria	Piedra, escoria, sintético	Sintético	Piedra o sintético
Relación de recirculación	0	0.5-2	0.5-4	1-4	0
Dosificación	Intermitente	Continua	Continua	Continua	Continua
Moscas de filtros	Muchas	Pocas	Pocas	Pocas	Pocas
Requerimientos de potencia, [W/ m <sup>3</sup> ]	2-4	2-8	8-10	10-20	-
Calidad del efluente	Nitrificado	Nitrificado parcial	No nitrificado	Nitrificación baja	No nitrificado
% de remoción de DBO	80-85	50-70	40-80	65-85	40-85

\*Incluye recirculación  
 +Excluye recirculación  
 •Con cargas menores de 0.08 [kg DBO/ m<sup>3</sup>\*día] y T> 20 °C se puede lograr una nitrificación >80%  
 • Con cargas menores de 0.1 [kg DBO/ m<sup>3</sup>\*día] se logran efluentes con DBO < 20mg/lit y SS< 30 mg/lit

**Fuente:** Tratamiento de aguas residuales: teoría y principios de diseño [28] .



**Figura 15.** Esquema de filtro percolador

**Fuente:** Tratamiento de aguas residuales: teoría y principios de diseño [28] .

**Tabla 16** Propiedades físicas de medios para filtros percoladores.

Medio	Tamaño nominal, [cm]	Unidades por metro cúbico	Densidad, [kg/m <sup>3</sup> ]	Área superficial específica, [m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> ]	% de vacíos
Plástico	61x61x122	71-106	32-96	82-115	94-97
Convencional	60x60x120		30-100	80-100	94-97
Alta área	60x60x120		30-100	100-200	94-97
Pino californiano	120x120x90	-	165	46	76
	1520x120x50	-	150-175	40-50	70-80
Granito	2.5-7.5	-	1442	62	46
	10	-	-	43	60
Escoria Alto horno	5-7.5	1766-2119	1089	66	49
Pequeña	5-8	-	900-1200	55-70	40-50
Grande	7.5-12.5	-	800-1000	45-60	50-60
Piedra de río	2.5-6.5	-	1250-1450	55-70	40-50
Grande	10-12	-	800-1000	40-50	50-60

**Fuente:** Tratamiento de aguas residuales: teoría y principios de diseño [28] .

#### 1.1.4.8.8 Lecho de secado de lodos

Son tanques poco profundos constituidos de arena y grava (medio filtrante) en la que se colocan los lodos resultantes de los anteriores procesos de la PTAR. El secado de los lodos se está restringido a la condiciones climáticas y una vez secas se le puede usar como rellenos sanitarios [16]. Esta unidad es uno de los primeros métodos para la reducción de la cantidad de agua de los lodos estabilizados empleando para su fin la filtración y evaporación, además de sus ventajas por su simplicidad y economía.

##### 1.1.4.8.8.1 Características generales

- El volumen total de lodo debe ser retenido en una o más secciones.
- Los elementos estructurales que comunes que conforman el lecho de secado son: muros laterales, tuberías de drenaje, capas de arena y grava, divisiones o tabiques, decantadores, canales de distribución de lodo y muros.
- El borde libre de los muros laterales varía entre 0.5 m y 0.9 m
- Pueden ser construidos de mampostería, hormigón o tierra.
- El material de fondo puede ser ladrillo colocado sobre el medio filtrante a separaciones de 2 y 3 cm.
- Todo lecho de secado cuenta con una tubería de descarga y una válvula de compuerta.



### 1.1.4.8.2 Criterios básicos de diseño del lecho de secado

En la Tabla 17 se resumen los criterios de diseño para el lecho de secado basados en la norma Boliviana 688 [37].

**Tabla 17** Criterios de diseño para lecho de secado.

Parámetro	Unidad	Valor del parámetro
Contenido de sólidos en el lodo digerido <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lodo primario</li> <li>• Lodo digerido de procesos biológicos</li> </ul>	% de sólidos	8-12 6-10
Requisitos para determinar el área de los lechos de secado	cm de profundidad de aplicación	20-40
Peso específico de los lodos digeridos	Kg/lt	1.03-1.04
Periodo de aplicación	horas	4 - 6
Periodo de secado <ul style="list-style-type: none"> <li>• Clima cálido</li> <li>• Clima frío</li> </ul>	Semanas	3 - 4 4 - 8
Periodo de remoción del lodo seco <ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpieza manual</li> <li>• Limpieza mecanizada</li> </ul>	Semanas Días	1 - 2 1-2
Pendiente del lecho en dirección al canal de drenaje	%	1.5
Profundidad Útil	cm	50-60
Ancho del lecho de secado	m	3-10

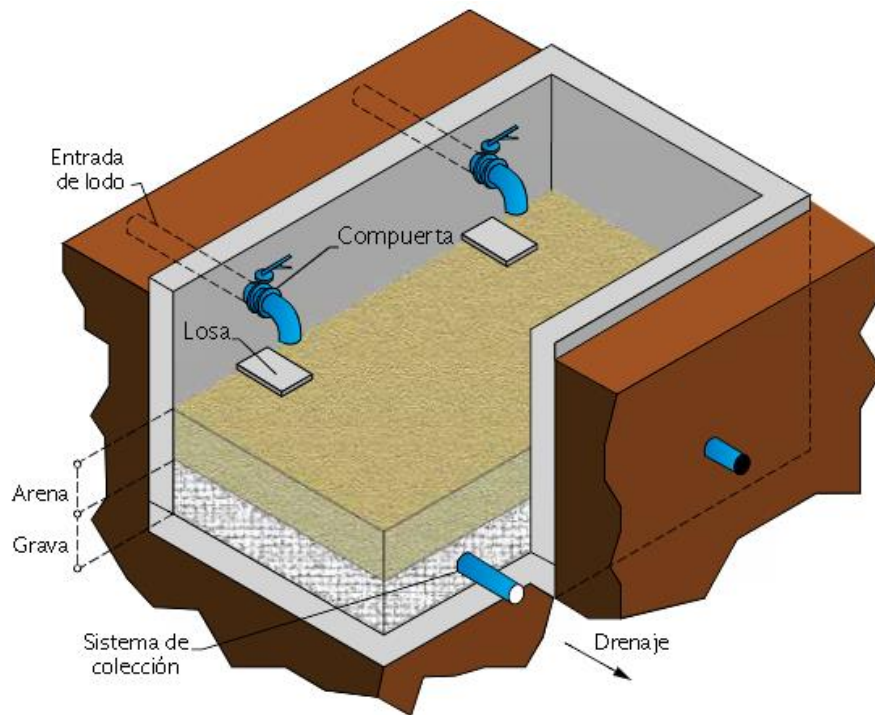
**Fuente:** Norma Boliviana NB 688 [37].

### 1.1.4.8.3 Drenajes

A continuación, se describen las consideraciones generales para los drenes del lecho de secado:

- El medio filtrante está constituido por arenas y gravas.
- La capa de arena puede ser de 30 cm a 46 cm y graduada de 0.3 mm a 0.75 mm y con un coeficiente de uniformidad entre 3.5 y 4.
- La capa de grava se coloca bajo la capa de arena siendo de 20 cm a 46 cm de espesor y graduación de 3 mm a 25 mm.
- La tubería de drenaje se coloca debajo de la capa de la grava teniendo sobre ella no menos de 15 cm de este material y tendrá un diámetro mínimo de 100 mm y una pendiente mínima de 1%.

- Generalmente se fabrica una tubería perforada para el drenaje que puede ser de plástico o de teja de arcilla vitrificada con junta abierta



**Figura 16.** Lecho de secado típico

**Fuente:** Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento [38].

#### 1.1.4.8.9 Filtro anaerobio de flujo ascendente

El filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA) es un sistema de tratamiento de aguas residuales que elimina la materia orgánica bajo condiciones anaerobias [39]..

##### 1.1.4.8.9.1 Características generales: FAFA

- La construcción de un sistema FAFA, no requiere altos requerimientos de terreno, altos requerimientos económicos y tiene bajo costo de operación.
- La eficiencia de remoción de DQO y DBO proporcionada esta entre 65% y 75%.
- El gas producido puede emplearse como gas combustible y producir energía.
- Sus características de sistema cerrado dificultan la identificación de problemas en su funcionamiento por lo que debe seguir un control de mantenimiento constante [39].

**1.1.4.8.9.2 Criterios de diseño :FAFA**

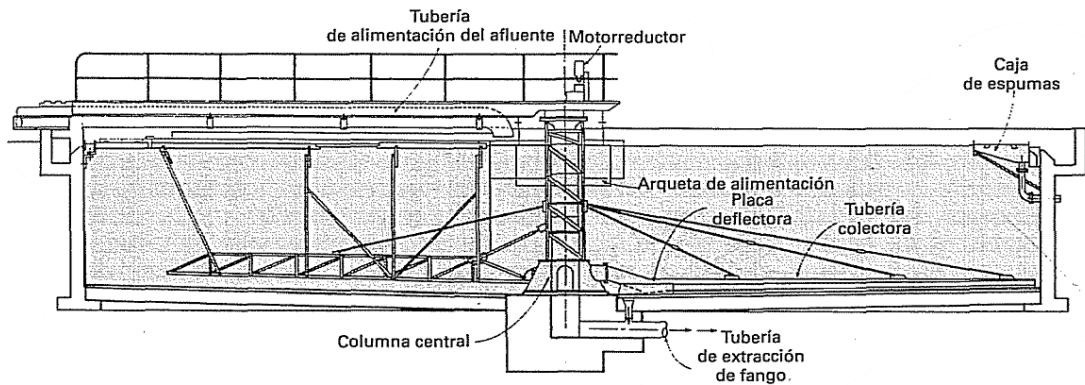
**Tabla 18** Parámetros de diseño para filtros anaerobios de flujo ascendente.

Parámetro	Unidad	Valor del parámetro		
		Qmd	QMD	QMH
Carga hidráulica superficial	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> *d	6-10	8-12	10-15
Tiempo de residencia hidráulica	Horas	5-10	4-8	3-6
Carga Orgánica Volumétrica <ul style="list-style-type: none"> <li>• Para volumen total del FAFA</li> <li>• Para el volumen del filtro empacado</li> </ul>	kg de DBO/(m <sup>3</sup> *d)	0.15 - 0.50 0.25 - 0.75		
Altura del medio filtrante o de empaque	m	0.8 - 3.0		
Altura del borde libre	m	0.50		
Altura bajo el dren	m	0.5 - 1.0		
Material del Medio de empaque		Piedra		

**Fuente:** Manual de Agua Potable , Alcantarillado y Saneamiento [39].

**1.1.4.8.10 Sedimentador secundario**

En el tratamiento de aguas residuales un tanque de decantación secundario tiene el objetivo de remover la biomasa y sólidos suspendidos posterior a reactores biológicos secundarios, siendo estos como los procesos de lodos activados y los filtros percoladores.



**Figura 17.** Tanque de sedimentación secundario circular

**Fuente:** Metcalf & Eddy “Ingeniería de aguas residuales: Tratamiento, vertido y reutilización Volumen II” [34].

**Tabla 19** Información típica de diseño para decantadores secundarios.

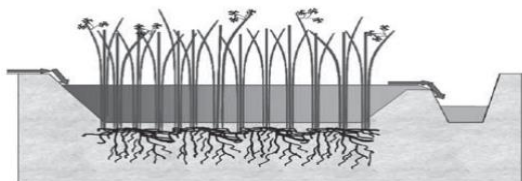
Tipo de tratamiento	Carga de superficie, [m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> *hr]		Carga de sólidos [kg/m <sup>2</sup> *hr]		Profundidad [m]
	Media	Punta	Media	Punta	
Sedimentación a continuación del proceso de fangos activados (excepto en la aireación prolongada)	0.678-1.356	1.695-2.035	3.90-5.85	9.76	3.6-6.0
Sedimentación a continuación del proceso de fangos activados con oxígeno	0.678-1.356	1.695-2.035	4.88-6.83	9.76	3.6-6.0
Sedimentación a continuación del proceso de aireación prolongada	0.339-0.678	24.42-1.356	0.97-4.88	6.83	3.6-6.0
Sedimentación a continuación de filtros percoladores	0.678-1.017	1.695-2.035	2.93-4.88	7.81	3.0-4.5
Sedimentación a continuación de Biodiscos: Efluente secundario	0.678-1.356	1.695-2.035	3.90-5.85	9.76	3.0-4.5
Efluente nitrificado	0.678-1.017	1.356-1.695	2.93-4.88	7.81	3.0-4.5

**Fuente:** Metcalf & Eddy “Ingeniería de aguas residuales: Tratamiento, vertido y reutilización Volumen II” [34].

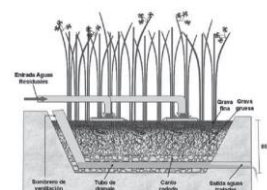
#### 1.1.4.8.11 Humedales artificiales

Son sistemas acuáticos construidos por el hombre para la depuración de aguas residuales mediante plantas y/o animales comúnmente usados en el tratamiento de aguas residuales municipales, como tratamiento secundario y avanzado, tratamiento de aguas de irrigación, tratamiento de aguas de tanques sépticos [28]. Estos sistemas tienen la capacidad de cumplir procesos de remoción físico, biológico y químico.

Puede distinguirse dos tipos: Humedal de flujo superficial, cuando el agua circula libremente entre la vegetación( juncos, cañas), Humedal de flujo subsuperficial, cuando al agua circula bajo el estrato.



(a)



(b)

**Figura 18.** Humedal artificial. (a) Superficial, (b) SubsUPERficial de flujo vertical.

**Fuente:** Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales [40] .

**Tabla 20** Parámetros de diseño para humedales superficiales.

Criterio	Valor	Unidad
Tiempo de retención para remoción de DBO	2-15	días
Tiempo de retención para remoción de nitrógeno	7-14	días
Carga de DBO	<112	Kg/Ha*día
Carga hidráulica para remoción de nitrógeno	7.5-62.5	mm/día
Profundidad del agua	10-60	cm
Tamaño mínimo	5-11	m <sup>2</sup> /(m <sup>3</sup> /día)
Relación Longitud/Ancho	2:1 a 4:1	Razón
Control de mosquitos	Requerido	S/N
Intervalo de cosecha	3-5	Años
DBO esperada del efluente	<20	mg/lt
SST esperado del efluente	<20	mg/lt
NT esperado del efluente	<10	mg/lt
PT esperado del efluente	<5	mg/lt

**Fuente:** Tratamiento de aguas residuales: teoría y principios de diseño [28] .

**Tabla 21** Parámetros de diseño para humedales de flujo subsuperficiales.

Criterio	Valor	Unidad
Tiempo de retención para remoción de DBO	3-4	días
Tiempo de retención para remoción de nitrógeno	6-10	días
Carga hidráulica superficial	470 - 1870	m <sup>3</sup> / Ha* día
Carga orgánica	<112	Kg de DBO /Ha*día
Carga de SST	390	Kg/ Ha* día
Profundidad del agua	0.30-0.60	m
Profundidad del medio	0.45-0.75	m
Control de mosquitos	No Requerido	S/N
Programa de cosecha	No Requerido	S/N
DBO esperada del efluente	<20	mg/lt
SST esperado del efluente	<20	mg/lt
NT esperado del efluente	<10	mg/lt
PT esperado del efluente	<5	mg/lt

**Fuente:** Tratamiento de aguas residuales: teoría y principios de diseño [28] .

**Tabla 22** Características típicas del medio para humedales de flujo subsuperficiales.

Medio	Tamaño efectivo [mm]	Porosidad	Conductividad hidráulica [m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> * día]
Arena media	1	0.30	500
Arena gruesa	2	0.32	1000
Arena y grava	8	0.35	5000
Grava media	32	0.40	10000
Grava gruesa	128	0.45	100000

**Fuente:** Tratamiento de aguas residuales: teoría y principios de diseño [28] .

#### *1.1.4.8.11.1 Vegetación*

Las especies macrófitas empleadas en los humedales estabilizan su superficie generando condiciones para filtración física y crecimiento bacteriano, además transfiere oxígeno a la zona de la raíz.

De acuerdo con J, Lara [41], entre las principales contribuciones que los sistemas de tratamiento basados en macrófitas enraizadas emergentes proporcionan son:

- Estabilización del sustrato y limitación de la canalización del flujo.
- Producen bajas velocidades y facilitan la sedimentación.
- Consumen el carbono, nutrientes y elementos trazas incorporándolos a los tejidos de las plantas.
- Permiten la transferencia de gases entre la atmósfera y los sedimentos.

**Tabla 23** Especies emergentes comúnmente empleadas en la depuración de aguas residuales.

Familia	Nombre Latino	Nombre Común más usual	Temperatura	Máxima salinidad tolerable ppt	Rango efectivo de pH
Ciperáceas	Carex sp.		14-32	20	5-7.5
	Eleocharis sp.				
	Scripus lacustris L.	Junco de laguna	18-27		4-9
Gramíneas	Glyceria fluitans	Hierba del maná	12-35	45	2-8
	Phragmites australis	Pasto alemán			
		Pasto elefante			
		Carrizo			
	Phragmites communis	Caña Bambú			
Caña común					
Iridáceas	Iris	Lirio amarillo	16-26	20	5-7.5
	Pseudacorus L.	Espadaña fina			
Juncáceas	Juncus sp.	Junco			
Tifáceas	Thypha sp	Eneas	10-30	30	4-10
		Espaldaña			

**Fuente:** “Depuración de Aguas Residuales Municipales con Humedales Artificiales”, Lara Jaime [41].

#### 1.1.4.9 Características típicas para la evaluación de la calidad de agua residual

La calidad de las aguas residuales requiere un adecuado manejo y evaluación de sus parámetros tales como:

##### 1.1.4.9.1 Demanda Bioquímica de Oxígeno en cinco días (DQO<sub>5</sub>)

Cantidad de oxígeno disuelto que una población de microorganismos consume para degradar materia orgánica, determinada en condiciones de temperatura a 20 °C en un periodo de 5 días [16].

##### 1.1.4.9.2 Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Es una forma indirecta de determinar la cantidad de materia orgánica presente en el agua residual. Cuantifica los valores de oxígeno que se requiere para producir la oxidación química de la materia orgánica.

#### **1.1.4.9.3 Potencial de hidrogeno (pH)**

Es un indicador de la acidez o basicidad del agua, este tiene influencia en la actividad biológica [42].

#### **1.1.4.9.4 Nitrógeno (N)**

Es un nutriente presente en el agua el cual si se presenta en valores elevados indica la presencia de vertidos industriales [42].

#### **1.1.4.9.5 Fosforo (P)**

Es un nutriente requerido por las plantas para su desarrollo, no obstante, tener índices elevados de fosforo en las aguas produce crecimiento nocivo de algas, mismas que al descomponerse gracias a los microorganismos disminuye el oxígeno ocasionando mal olor en el agua [16].

#### **1.1.4.9.6 Coliformes fecales y totales**

Conjunto de bacterias y contaminantes presentes en los intestinos de los seres vivos. La presencia de estos en aguas tratadas indica que el proceso de depuración no está funcionando correctamente [16].

#### **1.1.4.9.7 Sólidos suspendidos totales(SST)**

Corresponde a partículas que pueden ser separadas de la parte líquida por sedimentación, filtración o centrifugación. Estos pueden ser partículas orgánicas o inorgánicas.

#### **1.1.4.9.8 Oxígeno disuelto**

Es la cantidad de oxígeno en estado gaseoso que se encuentra disuelto en el agua, su presencia posibilita el crecimiento y supervivencia de los organismos acuáticos [16].

#### **1.1.4.9.9 Turbiedad**

Define el grado de transparencia que posee el agua y que puede alterarse por la presencia de partículas extrañas [16].

#### **1.1.4.9.10 Temperatura**

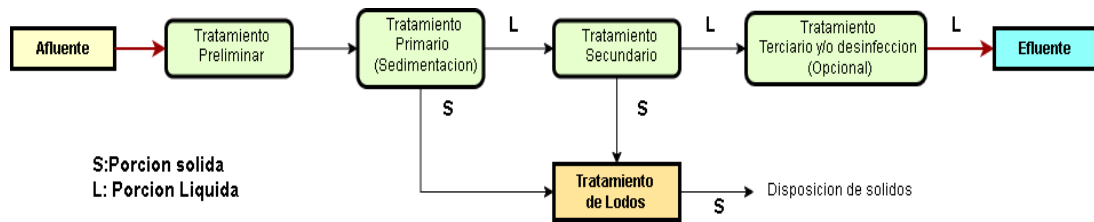
Regula la actividad biológica y determina la posibilidad de las reacciones que se producen en el agua [42].



### 1.1.4.10 Nivel de tratamiento de aguas residuales

En Latinoamérica y el Caribe es muy común encontrar las siguientes etapas de tratamiento de aguas residuales:

- Tratamiento preliminar
- Tratamiento primario
- Tratamiento secundario
- Tratamiento avanzado o terciario



**Figura 19.** Etapas de tratamiento de aguas residuales

**Fuente:** El Autor

#### 1.1.4.10.1 Tratamiento preliminar

Elimina residuos fácilmente separables, algunos de los procesos empleados son el cribado, bombeo del fluido entrante, separación de sólidos y en algunos casos conlleva un proceso de pre-aireación [43], [44]. Cumple el objetivo de protección de las instalaciones. En la Tabla 24 se muestra los objetivos de los procesos de pretratamiento[26].

**Tabla 24** Objetivo de los procesos de pretratamiento

Proceso	Objetivo
Rejas o tamices	Eliminación de sólidos gruesos
Trituradores	Desmenuzamiento de sólidos
Desarenadores	Eliminación de gravas y gravillas
Desengrasadores	Eliminación de aceites y grasas
Preaeración	Control de olor y mejoramiento del comportamiento hidráulico.

**Fuente:** Ricardo Rojas [26]

#### 1.1.4.10.2 Tratamiento primario

Remueve parcialmente los sólidos en suspensión o flotantes, materia orgánica u organismos patógenos, los principales procesos que emplea son: Sedimentación

primaria, Flotación. , Precipitación química, Filtros gruesos, Oxidación química, Coagulación, floculación y filtración[26].

En este proceso según [26], se remueve también parte de la carga orgánica que representa entre el 25% y el 40% de la DBO y entre el 50% y el 65% de los sólidos suspendidos., lo cual concuerda igual mente con el criterio de [43] quien dice que típicamente el tratamiento primario remueve alrededor del 60% de los sólidos suspendidos del agua residual cruda y un 35% de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5).

#### **1.1.4.10.3 Tratamiento secundario**

Estos procesos son de tipo biológico aeróbicos , anaeróbicos y fisicoquímicos cuyo fin es eliminar la materia orgánica disuelta convirtiéndola en sustancias menos complejas como bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), nitrógeno amoniacal (NH<sub>3</sub>), nitratos (NO<sub>3</sub>) y agua (H<sub>2</sub>O)[43], [44]. Los tratamientos biológicos de esta categoría tienen una eficiencia remocional de la DBO entre el 85% al 95% [26]

#### **1.1.4.10.4 Tratamiento avanzado o terciario**

Consiste en tratar las aguas para lograr efluentes más puros a través de la reducción final de la DBO, metales pesados, patógenos y parásitos con esto se logra adecuar al agua para reutilizarla en industrias, para recreación entre otras.

#### **1.1.4.11 Porcentaje de remoción teórica por procesos**

La eficiencia que presenta una planta de tratamiento de aguas residuales depende de los rendimientos típicos en las distintas etapas y procesos/operaciones de tratamiento. Existen varias alternativas que se pueden manejar en función del nivel de tratamiento aplicable para lograr la calidad deseada en el efluente. Cada uno de los mecanismos empleados presentan un porcentaje de remoción que sirven de guía al ingeniero para la selección del proceso óptimo.

**Tabla 25** Rango de eficiencia en los procesos de tratamiento

Nivel de tratamiento	Unidades de tratamiento	Eficiencia en la remoción de constituyentes, porcentaje							
		DBO	DQO	SST	P	N Org	NH <sub>3</sub> -N	Grasas y aceites	Patógenos
Pretratamiento	Rejillas de barras [27]	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cribado fino[45]	0-15	0-10	10-50	-	-	-	0-40	-
	Desarenadores	0-5[27]	0-5[27]	0-10[27]	-	-	-	-	-
	Trampa de grasas [45]	0-5	0-3	10-15	-	-	-	85-95	-
Tratamiento primario	Sedimentación primaria	30-40[27]	30-40[27]	50-65[27]	10-20[27]	10-20[27]	-	60-70 [45]	30-50[45]
	Tanque séptico [28]	30-50	-	50-70	15	-	-	70-80	-
	Lagunas anaerobias[45]	50-70	30-50	50-60	-	-	-	80-90	80-90
	Tanque Imhoff [45]	25-40	15-30	50-70	-	-	-	60-70	30-50
Tratamiento secundario	Reactores UASB (RAFA)	65-80[45]	60-80[45]	60-70[45]	30-40[29]	-	-	-	20-40[45]
	Lagunas facultativas sin contar con algas	80-90[45]	40-50[45]	63-75[45]	30[29]	-	-	70-90[45]	80-90[45]
	Lagunas aireadas con sedimentación secundaria	80-95[45]	60-70[45]	-	-	-	-	-	80-90[45]
	Reactores RAP	65-80[45]	60-80[45]	60-70[45]	30-40[29]	-	-	-	20-40[45]
	Filtros anaerobios	65-80[45]	60-80[45]	60-70[45]	30-40[29]	-	-	-	20-40[45]
	Lodos activados (convencional)	80-95[45]	70-80[45]	80-90[45]	10-25[27]	15-20[27]	8-15[27]	-	80-90[45]
	Filtros percoladores alta tasa, roca	65-90[45]	55-70[45]	60-85[45]	8-12[27]	15-50[27]	8-15[27]	-	80-90[45]
	Filtros percoladores supertasa, plástico	75-95[45]	60-80[45]	65-85[45]	8-12[27]	15-50[27]	8-15[27]	-	80-90[45]
	Biodiscos (RBCs)	80-85	80-85	80-85	10-25	15-50	8-15	-	-
Desinfección	Rayos Uv	-	-	-	-	-	-	-	100
	Cloración	-	-	-	-	-	-	-	100
	Laguna de maduración	-	-	-	-	-	-	-	99.99

**Fuente:** Metcalf & Eddy “Ingeniería de aguas residuales: Tratamiento, vertido y reutilización Volumen II [27], Tratamiento de aguas residuales, Teoría y principios de diseño , Jairo Alberto Romero Rojas. [28], Reglamento Técnico del Sector Agua Potable y Saneamiento Básico :Tratamiento De Aguas Residuales, Título E. [29],Resolución 0330: Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico -RAS [45].

#### 1.1.4.12 Criterios de calidad de las aguas para sus distintos usos

En el Ecuador, el proceso de control de la contaminación del recurso hídrico tiene sus principios en el Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente [13], con la finalidad de mantener la calidad del recurso para sus distintos usos asignados.

El Ministerio del Ambiente como la autoridad Ambiental Nacional determinará si el efluente cumple o no con los límites permisibles fijados para las descargas tomando en consideración los usos del agua, siendo estos:

- Consumo humano y uso doméstico.
- Preservación de la vida acuática y silvestre.
- Uso agrícola o de riego.
- Uso pecuario.
- Uso recreativo.
- Uso estético.

**Tabla 26** Límites de descarga al sistema de alcantarillado público

Parámetros	Simbología	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y grasas	Solubles en hexano	mg/l	70.0
Explosivos o inflamables	Sustancias	mg/l	Cero
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aluminio	Al	mg/l	5.0
Arsénico total	As	mg/l	0.1
Cadmio	Cd	mg/l	0.02
Cianuro total	CN	mg/l	1.0
Cinc	Zn	mg/l	10.00
Cloro activo	Cl	mg/l	0.5
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo	mg/l	0.1
Cobalto total	Co	mg/l	0.5
Cobre	Cu	mg/l	1.0
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0.2
Compuestos organoclorados	Organoclorados totales	mg/l	0.0 5
Cromo Hexavalente	Cr <sup>+6</sup>	mg/l	0.5

**Fuente:** TULSMA 2015 [13]

**Tabla 26** Límites de descarga al sistema de alcantarillado público (continuación).

<b>Parámetros</b>	<b>Simbología</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite máximo permisible</b>
Demanda Bioquímica de oxígeno	DBO <sub>5</sub>	mg/l	250.0
Demanda química de oxígeno	DQO	mg/l	500.0
Dicloroetileno	Dicloroetanol	mg/l	1.0
Fósforo total	P	mg/l	15.0
Hidrocarburos totales de petróleo	TPH	mg/l	20.0
Hierro total	Fe	mg/l	25.0
Magnesio total	Mn	mg/l	10.0
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0.01
Níquel	Ni	mg/l	2.0
Nitrógeno total Kjeldahl	N	mg/l	60.0
Organofosforados	Especies totales	mg/l	0.1
Plata	Ag	mg/l	0.5
Plomo	Pb	mg/l	0.5
Potencial de hidrógeno	pH	mg/l	6 a 9
Selenio	Se	mg/l	0.5
Sólidos sedimentables	SD	mg/l	20.0
Sólidos suspendidos totales	SST	mg/l	220.0
Sólidos totales	ST	mg/l	1600.0
Sulfatos	SO <sub>4</sub> -2	mg/l	400.0
Sulfuros	S	mg/l	1.0
Temperatura	°C	mg/l	<40.0
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	2.0
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1.0
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/l	1.0

Fuente: TULSMA 2015 [13]

**Tabla 27** Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

<b>Parámetros</b>	<b>Simbología</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite máximo permisible</b>
Aceites y grasas	Sust. Solubles en hexano	mg/l	30.0
Alkil y grasas		mg/l	no detectable
Aluminio	Al	mg/l	5.0
Arsénico total	As	mg/l	0.1
Bario	Ba	mg/l	2.0
Boro total	B	mg/l	2.0
Cadmio	Cd	mg/l	0.02
Cianuro total	CN	mg/l	0.1
Zinc	Zn	mg/l	5.0
Cloro activo	Cl	mg/l	0.5
Cloroformo	Ext. Carbón cloroformo	mg/l	0.1
Cloruros	Cl	mg/l	1000.0
Cobre	Cu	mg/l	1.0
Cobalto	Co	mg/l	0.5
Coliformes fecales	NMP	NMP/100ml	2000.0
Color real	Color real	Unidades de color	Inapreciable en dilución 1/20
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0.2
Cromo hexavalente	Cr+6	mg/l	0.5
Demanda bioquímica de oxígeno (5 días)	DBO5	mg/l	100.0
Demanda química de oxígeno	DQO	mg/l	200.0
Estaño	Sn	mg/l	5.0
Fluoruros	F	mg/l	5.0
Fósforo total	P	mg/l	10. 0
Hierro total	Fe	mg/l	10. 0
Hidrocarburos totales de petróleo	TPH	mg/l	20. 0
Manganeso total	Mn	mg/l	2.0
Materia flotante	Visibles	mg/l	Au sen cia
Mercurio total	Hg	mg/l	0.0 05

**Fuente:** TULSMA 2015 [13]

**Tabla 27** Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce (continuación).

Parámetros	Simbología	Unidad	Límite máximo permisible
Níquel	Ni	mg/l	2.0
Nitrógeno amoniacal	N	mg/l	30.0
Nitrógeno total Kjeldahl	N	mg/l	50.0
Compuestos Organoclorados	Organoclorados totales	mg/l	0.05
Compuestos Organofosforados	Organofosforados totales	mg/l	0.1
Plata	Ag	mg/l	0.1
Plomo	Pb	mg/l	0.2
Potencial de hidrógeno	pH	mg/l	6 a 9
Selenio	Se	mg/l	0.1
Sólidos suspendidos totales	SST	mg/l	130.0
Sólidos totales	ST	mg/l	1600.0
Sulfatos	SO4-2	mg/l	1000.0
Sulfuros	S	mg/l	0.5
Temperatura	°C	mg/l	Condición natural±3
Tensoactivos	Activas al azul de metileno	mg/l	0.5
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1.0

**Fuente:** TULSMA 2015 [13]

**Tabla 28** Límites de descarga a un cuerpo de agua marina.

Parámetros	Simbología	Unidad	Límite máximo permisible	
			Descargas en zona de rompientes	Descarga en emisarios submarinos
Aceites y grasas	Sust. Solubles en hexano	mg/l	30.0	30.0
Arsénico total	As	mg/l	0.5	0.5
Aluminio	Al	mg/l	5.0	5.0
Cianuro total	CN-	mg/l	0.2	0.2
Cinc	ZN	mg/l	10.0	10.0
Cobre	Cu	mg/l	1.0	1.0
Cobalto	Co	mg/l	0.5	0.5
Coliformes fecales	NMP	NMP/100ml	2000	2000
Color	Color verdadero	u	Inapreciable: 1/20	Inapreciable :1/20

**Fuente:** TULSMA 2015 [13]

**Tabla 28** Límites de descarga a un cuerpo de agua marina (continuación).

Parámetros	Simbología	Unidad	Límite máximo permisible	
			Descargas en zona de rompientes	Descarga en emisarios submarinos
Cromo hexavalente	Cr+6	mg/l	0.5	0.5
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0.2	0.2
Demanda bioquímica de oxígeno (5 días)	DBO5	mg/l	200	400
Demanda química de oxígeno	DQO	mg/l	400	600
Materia flotante	Visibles	mg/l	Ausencia	Ausencia
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0.01	0.01
Nitrógeno total Kjeldahl	N	mg/l	40	40
Potencial de hidrógeno	pH		6 a 9	6 a 9
Sólidos suspendidos totales	SST	mg/l	250	250
Sulfuros	S	mg/l	0.5	0.5
Compuestos organoclorados	Organoclorados totales	mg/l	50	50
Compuestos organofosforados	Organofosforados totales	mg/l	100	100
Carbonatos	Especies totales	mg/l	0.25	0.25
Temperatura	°C		<35	<35
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0.5	0.5

**Fuente:** TULSMA 2015 [13]

**Tabla 29** Criterios de calidad admisibles para las aguas destinadas a uso agrícola .

Parámetro	Expresado como	Unidad	Criterio de calidad
Aceites y grasas	<i>Película visible</i>		Ausencia
Aluminio	Al	mg/l	5.0
Arsénico	As	mg/l	0.1
Berilio	Be	mg/l	0.1
Boro	B	mg/l	0.75
Cadmio	Cd	mg/l	0.05
Cinc	Zn	mg/l	2.0
Cobalto	Co	mg/l	0.01
Cobre	Cu	mg/l	0.2
Coliformes fecales	NMP	NMP/100ml	1000
Cromo	Cr <sup>+6</sup>	mg/l	0.1
Flúor	F	mg/l	1.0

**Fuente:** TULSMA 2015 [13]



**Tabla 29** Criterios de calidad admisibles para las aguas destinadas a uso agrícola  
(Continuación).

<b>Parámetro</b>	<b>Expresado como</b>	<b>Unidad</b>	<b>Criterio de calidad</b>
Hierro	Fe	mg/l	5.0
Huevos de parásitos			Ausencia
Litio	Li	mg/l	2.5
Material flotante	Visible		Ausencia
Mercurio	Hg	mg/l	0.001
Manganeso	Mn	mg/l	0.2
Molibdeno	Mo	mg/l	0.01
Níquel	Ni	mg/l	0.2
Nitritos	NO <sub>2</sub>	mg/l	0.5
Oxígeno disuelto	OD	mg/l	3
pH	pH		6-9
Plomo	Pb	mg/l	5.0
Selenio	Se	mg/l	0.02
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg/l	250
Vanadio	V	mg/l	0.1

**Fuente:** TULSMA 2015 [13]

## 1.2 Objetivos

### 1.2.1 Objetivo General

Diseñar el sistema de alcantarillado sanitario de la comunidad El Santuario, parroquia La Matriz, cantón Quero, provincia de Tungurahua.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- Evaluar el estado actual del sistema de alcantarillado existente mediante la revisión de campo para conocer la funcionalidad de la obra sanitaria.
- Recabar información topográfica y social del área de influencia para el establecimiento de las alternativas de diseño del sistema.
- Elaborar el diseño definitivo del sistema de alcantarillado sanitario para el mejoramiento de las condiciones sanitarias de la comunidad El Santuario.
- Analizar el nivel de eficiencia de la planta de tratamiento para la verificación de la necesidad del rediseño del sistema de depuración.

## CAPÍTULO II

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 2.1 Materiales y equipos empleados

Los materiales y equipos de trabajo y de protección necesarios que permitieron mantener una ejecución adecuada en cada una de las actividades de la presente investigación, y que contribuyeron para obtener resultados coherentes se describen en la Tabla 30, Tabla 31 y Tabla 32.

**Tabla 30** Materiales.

MATERIAL	CARACTERÍSTICAS	MARCA / MODELO	CANTIDAD	UNIDAD
Balde	<i>Material:</i> plástico <i>Peso:</i> 2kg <i>Capacidad:</i> 15 lt <i>Dimensiones:</i>	S/N	1	U
Folder	<i>Material:</i> plástico <i>Peso:</i> 180 gr <i>Dimensiones:</i> 32.5 cm x 23.5 cm	CARIOCA	1	U
Hojas de papel Bond	<i>Material:</i> papel <i>Peso:</i> 75 gr <i>Dimensiones:</i> A4 -210 mmx297mm	XEROX	1	Resma
Esfero	<i>Material:</i> polipropileno <i>Peso:</i> 5.76 gr <i>Dimensiones:</i> 14.90 cm <i>Forma:</i> hexagonal <i>Tamaño de punta:</i> Punta Media: 1.0mm, ancho de línea 0.4mm	BIC	2	U

**Fuente:** El Autor

**Tabla 31** Equipos de trabajo.

EQUIPO	CARACTERÍSTICAS	MARCA / MODELO	CANTIDAD	UNIDAD
Estación Total	<p><b>Rango de temperatura :</b> -20°C± 50 °C  <b>Dimensión:</b> 206 x 200x353 mm  <b>Peso:</b> 6,0 kg  <b>Batería:</b> Tipo Litio, 7,4 V  <b>Memoria:</b> 16000 puntos  <b>Tiempo de funcionamiento:</b> 8 horas  <b>Plomada:</b> Láser (predeterminado), óptica (opcional)  <b>Exactitud:</b> ± 1,5 mm a 1,5 m  <b>Brillo láser:</b> 5 niveles ajustables  <b>Teclado y pantalla:</b> Teclado Alfanumérico 30 teclas , Monitor: 3.0 pulgadas, TFT táctil en color resolución: 240 x 400 ppp.  <b>Posición:</b> Cara 1, Cara 2</p>	SOUTH N3	1	U
Receptor-GPS	<p><b>Dimensiones de la unidad (ancho/alto/profundidad):</b> 6,1 x 16,0 x 3,6 cm  <b>Tamaño de la pantalla (ancho/alto):</b> 3,6 x 5,5 cm; 6,6 cm de diagonal.  <b>Resolución de pantalla (ancho/alto):</b> 160 x 240 píxeles  <b>Tipo de pantalla:</b> TFT transflectiva de 65.000 colores.  <b>Peso:</b> 260,1 g con pilas.  <b>Batería:</b> 2 pilas AA (no incluidas); se recomienda NiMH o litio.  <b>Autonomía de la pila/batería:</b> 16 horas.  <b>Memoria:</b> 4 GB</p>	GARMIN	1	U
Trípode	<p><b>Longitud cerrada:</b> 108 cm  <b>Longitud abierta:</b> 180 cm  <b>Diámetro de la cabeza del trípode:</b> 158 mm  <b>Peso:</b> 6 Kg</p>	SOUTH N3	1	U
Prisma	<p><b>Longitud máxima :</b> 4.6 m  <b>Longitud mínima:</b> 1.6 m  <b>Dimensiones tarjet:</b> 180 cmx140 cm  <b>Adaptador:</b> Zinc-Aluminio  <b>Peso:</b> 0.67 kg  <b>Diámetro:</b> 64 mm</p>	SOUTH N3	1	U

**Fuente:** El Autor

**Tabla 31** Equipos de trabajo (continuación).

<b>EQUIPO</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>MARCA / MODELO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>
Calculadora	<i>Tamaño (L x P x A):</i> 16X9X3 cm <i>Pantalla natural:</i> V.P.A.M <i>Funciones:</i> 417 <i>Tipo:</i> Calculadora científica	CASIO fx-570ES PLUS	1	U
Computador	<i>Procesador:</i> Intel Core i5 <i>RAM Instalada:</i> 12.0 GB <i>Tipo de sistema:</i> 64-bit <i>Resolución de la pantalla:</i> 1920 px x 1080 px. <i>Nombre del sistema operativo:</i> Windows. <i>Versión del sistema operativo:</i> 10 <i>Edición del sistema operativo:</i> Home	DELL	1	U
Celular	<i>Pantalla:</i> 5", 720 x 1280 pixeles <i>Procesador:</i> Quad-core 1.4GHz <i>RAM:</i> 2GB <i>Almacenamiento:</i> 16GB <i>Expansión:</i> microSD <i>Cámara:</i> 13 MP <i>Batería:</i> 2400 mAh <i>OS:</i> Android 6.0.1 <i>Perfil:</i> 8.1 mm <i>Peso:</i> 143 g	Samsung J5 Prime	1	U
Cronometro	<i>Dimensiones:</i> 7 x 4 cm <i>Alimentación:</i> batería LR1130 <i>Peso:</i> 45 g	KENKO KK-613D	1	U
Flexómetro	<i>Dimensiones:</i> 7 x 7 x 3 cm <i>Peso:</i> 150 g <i>Ancho de la cinta:</i> 19 mm <i>Longitud:</i> 5 metros	TOTAL TOOLS	1	U
Cinta métrica	<i>Longitud:</i> 50 metros <i>Ancho de la cinta:</i> 13 mm <i>Sistema de rebobinado:</i> manual	JEM TOOLS	1	U

**Fuente:** El Autor

**Tabla 32** Equipos de protección personal.

<b>EQUIPO</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>MARCA / MODELO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>
Botas de seguridad	<i>Material cuerpo:</i> cuero <i>Material punta:</i> acero <i>Talla:</i> 39 <i>Forma:</i> Botín	CHRIS Y IAN	1	Par
Mascarilla	<i>Material:</i> poliéster <i>Dimensiones:</i> 17.5 cm x 9.5 cm <i>Forma:</i> Rectangular	MAIBEIJIE	50	U
Guantes de látex	<i>Material:</i> caucho <i>Talla:</i> 8-M	MÁSTER	1	Par
Mandil	<i>Material:</i> poliéster <i>Talla:</i> 36-M	S/N	1	U
Chaleco reflectante	<i>Material:</i> 100% poliéster <i>Talla:</i> 36-M	S/N	1	U
Alcohol	<i>Tipo:</i> espray <i>Uso:</i> externo <i>Solución:</i> 70% alcohol	FARMANOVA	2	lt

**Fuente:** El Autor

## 2.2 Métodos

### 2.2.1 Enfoque de la investigación

Para el desarrollo de este proyecto se aplicará un enfoque cuantitativo, debido a que para llevar a cabo la evaluación del sistema de alcantarillado con su respectiva planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad El Santuario se empleará fundamentación numérica medible y técnicas estadísticas para el análisis de los datos recogidos.

### 2.2.2 Modalidad Básica de la investigación

La modalidad bajo la cual se aborda el presente proyecto es:

- **Investigación documental:** es un proceso de búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de los datos obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes impresas, audiovisuales o electrónicas [46].
- **Investigación de campo:** consiste en recolectar datos directos del sitio donde sucede los acontecimientos, sin alterar sus condiciones de existencia [46].

### **2.2.3 Nivel o tipo de la investigación**

El proyecto tiene un grado de profundidad o nivel de acuerdo con los objetivos que se pretende alcanzar siendo estos los siguientes:

- **Investigación exploratoria:** la implementación de plantas de tratamiento de aguas residuales es un tema relativamente nuevo y que el nuestro país aún es poco estudiado, por lo que se pretende también obtener datos y elementos que permitan fortalecer los conocimientos en el análisis de estos sistemas.
- **Investigación descriptiva:** el proyecto se basa en la medición de variables que caracterizan los hechos, fenómenos e individuos, con la finalidad de establecer el comportamiento actual tanto del sistema de alcantarillado sanitario como de su planta de tratamiento de aguas residuales.
- **Investigación explicativa:** este nivel nos permitirá establecer la solución en el diseño de las estructuras sanitarias en base al establecimiento de las causas que lo han originado.

### **2.2.4 FASE 1: PRELIMINAR**

#### **2.2.4.1 ETAPA 1: Información general de la zona del proyecto**

En esta etapa el investigador recopila información detallada del lugar del proyecto, (ubicación, límites, antecedentes históricos, Plan de desarrollo y ordenamiento territorial), además de la recolección de información previa perteneciente al sistema de alcantarillado actual (Planos, memorias de cálculo).

#### **2.2.4.2 ETAPA 2: Investigación de campo**

##### **2.2.4.2.1 Levantamiento topográfico**

La recolección de la información topografía de la comunidad El Santuario, es indispensable en la consecución del proyecto, nos permite obtener de manera georreferenciada la superficie del terreno sobre la cual está construido el sistema de alcantarillado sanitario y la planta de tratamiento de aguas residuales y también de parte de sus componentes necesarios para la verificación funcional del sistema (pozos de revisión, unidades de tratamiento). Para conseguir este conjunto de datos de empleará el equipo de precisión marca SOUTH N3- Estación Total.

## **2.2.4.2.2 Recolección de Información Técnica del Sistema Sanitario**

### **2.2.4.2.2.1 Información Técnica del Sistema de Alcantarillado**

Para la verificación de funcionalidad y estado físico del sistema completo es preciso profundizar en la investigación, por lo que se utilizara fichas técnicas (Anexo N° 4) para la revisión e inspección de los pozos con la finalidad de obtener cotas de tuberías, profundidades de los pozos, materiales y estado de los componentes, entre otros.

### **2.2.4.2.2.2 Información Técnica de la PTAR**

#### **2.2.4.2.2.2.1 Dimensiones actuales de las unidades de tratamiento de la PTAR**

En la planta de tratamiento de aguas residuales, se llevará a cabo la medición de las propiedades geométricas de las unidades de tratamiento para posteriormente poderlas evaluar, este procedimiento se lo desarrolla en base a la medición directa empleando una cinta métrica y un flexómetro.

#### **2.2.4.2.2.2.2 Recolección de datos de caudales de la PTAR**

Metcalf & Eddy en el libro Ingeniería de aguas residuales [27] establecen la importancia de la determinación de los caudales de agua residual a eliminar de una determinada población, ya que de esta se parte el diseño de las instalaciones de recogida, tratamiento y evacuación, por tanto, establece que se debe conocer datos fiables. En el caso de sistemas con sistemas de alcantarillado existentes, los caudales son considerados a partir de series historias o en ausencia de estos deben ser obtenidos en aforos por medición directa.

Para la estimación del caudal tanto del afluente como el efluente se tomó una medición de cada uno en base al método volumétrico. Este proceso consistió en medir el tiempo (cronómetro) en el cual tarda un recipiente graduado (balde) en alcanzar un determinado volumen, con estos datos se puede calcular el caudal mediante:

$$Q = \frac{V}{T} \quad \text{Ecuación (1)}$$

**Donde:**

Q = Caudal afluente o efluente [lt/seg]

V = Volumen del recipiente [lt]

T = Tiempo [seg]

Estas mediciones se las realizo por un periodo de 12 horas consecutivas, de 6 a.m. a 6 p.m., durante 7 días, del 14 de Marzo al 20 de Marzo.

Para la ordenada manipulación de los datos resultantes de las mediciones se empleó fichas de medición (Anexo N° 6) donde se plasma la información de campo para su posterior procesamiento. Además, con la finalidad de reducir el error en la adquisición de datos se realizó la toma tres veces en cada hora de muestreo. Al concluir los 7 días de este proceso este periodo, los datos se tabularon para representarlos en gráficas de Caudal vs Tiempo e identificar el día y la hora donde se producen el caudal punta, determinando así el horario donde se tomarán las muestras para el análisis físico, químico y biológico del agua de la PTAR.

#### **2.2.4.2.3 Muestreo poblacional**

En el desarrollo del presente proyecto técnico se requiere aplicar una encuesta poblacional con la finalidad de obtener información de tipo económico , social y cultural, estos datos nos permiten determinar variables, como: población actual, servicios básicos existentes, mecanismo de eliminación de aguas residuales, necesarias para entender el problema y para el diseño adecuado que satisfaga las necesidades de la población dentro del área que delimita al proyecto. (Anexo N° 2)

#### **2.2.4.3 ETAPA 3: Investigación de laboratorio**

##### **2.2.4.3.1 Análisis de laboratorio de las características del agua.**

El Laboratorio de Servicios Ambientales de la Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH), es donde se llevará a cabo la caracterización del agua residual para las muestras del afluente y efluente de la PTAR, las mismas son recolectadas y transportadas en base a las recomendaciones de las normas:

- NTE INEN 2 176:98 Agua, calidad de agua, muestreo, técnicas de muestreo.
- NTE INEN 2 169:98 Agua, calidad de agua, muestreo, manejo y conservación de las muestras.

Los parámetros que se analizan se detallan en la Tabla 33.



**Tabla 33** Parámetros y métodos para caracterización de agua residual.

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Método/Procedimiento</b>
Aceites y grasas	mg /l	EPA 418.1
Fósforo total	mg /l	STANDARD METHODS 4500 - P - E
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	STANDARD METHODS 5210 - B
DQO	mg /l	STANDARD METHODS 5220 - D
Nitrógeno total Kjeldahl	mg /l	STANDARD METHODS 4500 - N - B
Nitrógeno Amoniacal	mg /l	STANDARD METHODS 4500 - NH <sub>3</sub> B&C
Potencial de hidrogeno pH	-	PE-LSA-01
Sólidos suspendidos	mg /l	STANDARD METHODS 2540 - D
Tensoactivos (Detergentes)	mg /l	STANDARD METHODS 5540 - C
Color aparente	Upt-Co	STANDARD METHODS 2120 - C
Coliformes fecales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - B
Sólidos totales	mg /l	STANDARD METHODS 2540 - B

**Fuente:** El Autor

## **2.2.5 FASE 2: DIAGNÓSTICO**

### **2.2.5.1 ETAPA 1: Estado del sistema de alcantarillado**

Incluye la evaluación de las características físicas de los componentes inspeccionados del sistema de alcantarillado sanitario (pozos de revisión, tuberías).

### **2.2.5.2 ETAPA 2: Estado de la planta de tratamiento de aguas residuales**

Describe la situación actual de cada una de las unidades de tratamiento que componen la planta.

## **2.2.6 FASE 3: ANÁLISIS Y VERIFICACIÓN DE FUNCIONAMIENTO**

### **2.2.6.1 ETAPA 1: Sistema de alcantarillado**

Consiste en calcular el sistema de alcantarillado con la información constructiva existente y comparar los parámetros de diseño hidráulicos con relación a los valores recomendados por las normas vigentes y con ello lograr verificar la capacidad hidráulica del sistema.

### 2.2.6.1.1 Periodo de diseño

En la Norma CPE INEN 5 Parte 9-2 se recomienda que para estos sistemas el periodo de diseño será de 20 años, de la misma manera la norma de la EMAAP-Q estima que las obras de alcantarillado sanitario deben fijarse como mínimo para un período de 30 años [20]. Su selección considera las características propias del proyecto tales como la capacidad del sistema para que satisfaga la demanda futura, vida útil de los materiales y equipos empleados, calidad de la construcción de las obras, su nivel de operación y mantenimiento.

### 2.2.6.1.2 Población de diseño

Los cálculos inherentes a la determinación de la población de diseño se determinan para el periodo de diseño seleccionado y en base a la información estadística del INEC (Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos) y de las encuestas realizadas.

#### 2.2.6.1.2.1 Tasa de crecimiento poblacional

La determinación de la tasa de crecimiento poblacional para la zona en estudio está en base a los datos según el último informe censal del INEC en el 2010 que se hallan indicados en la Tabla 4.

La Tabla 34 indica las ecuaciones de los métodos comúnmente usados para determinar la tasa de crecimiento poblacional.

**Tabla 34** Ecuaciones-Tasa de crecimiento poblacional.

Método	Ecuación	
<b>Aritmético</b>	$r = \frac{\left(\frac{Pf}{Pi}\right) - 1}{T}$	Ecuación (2)
<b>Geométrico</b>	$r = \left(\frac{Pf}{Pi}\right)^{\frac{1}{T}} - 1$	Ecuación (3)
<b>Exponencial</b>	$r = \frac{\ln\left(\frac{Pf}{Pi}\right) - 1}{T}$	Ecuación (4)
r = Tasa de crecimiento poblacional Pf = Población futura Pi = Población actual(Censo Tabla 4)		T = Periodo (años) ln = Logaritmo natural

**Fuente:** El Autor

### 2.2.6.1.2.2 Población actual

La población actual existente en el sitio del proyecto será obtenida mediante encuestas aplicadas y considerará a la población habitacional y la población flotante asociada. Los resultados se presentan en el Anexo N° 3 .

### 2.2.6.1.2.3 Población flotante

Se obtiene de analizar el número de personas que permanecen en un sitio determinado durante un lapso. Para tomarse en cuenta en la población actual la población flotante puede transformarse en población permanente al considerar un porcentaje del 15% al 20% de esta.

### 2.2.6.1.2.4 Población futura

La población futura se debe determinar por al menos tres métodos para proyectar el crecimiento poblacional, pudiendo estos ser los que se describen en la Tabla 35.

**Tabla 35** Ecuaciones-Población Futura.

Método	Ecuación	
<b>Aritmético</b>	$Pf = Pa * (1 + r * n)$	Ecuación (5)
<b>Geométrico</b>	$Pf = Pa * (1 + r)^n$	Ecuación (6)
<b>Exponencial</b>	$Pf = Pa * e^{r*n}$	Ecuación (7)
r = Tasa de crecimiento poblacional Pf = Población futura Pa = Población actual		n = Período de diseño (años) e = Constante matemática- número de Euler (e=2.7181)

**Fuente:** El Autor

### 2.2.6.1.2.5 Densidad poblacional (Dp)

El número de habitantes correspondientes a una unidad de superficie se determina mediante la siguiente expresión:

$$Dp = \frac{Pf}{AP} \quad \text{Ecuación (8)}$$

**Dónde:**

Dp = Densidad poblacional futura [hab/Ha]

Pf = Población futura [hab]

AP = Área del proyecto [Ha]

### 2.2.6.1.3 Dotación de agua potable

#### 2.2.6.1.3.1 Dotación actual (Da)

La dotación de agua potable se determinará en función de los diferentes niveles de servicio para los sistemas de abastecimiento de agua, disposición de excretas y residuos líquidos establecidos en la Norma CPE INEN 5: Código de práctica para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural (Tabla 36). La Tabla 37, presente en la misma norma, fija los valores de dotación correspondiente a cada nivel considerando otro factor adicional, el clima.

**Tabla 36** Niveles de servicio para los sistemas de abastecimiento de agua, disposición de excretas y residuos líquidos.

Nivel de servicio	Sistema	Características
0	AP	Sistemas individuales. Diseñar de acuerdo con las disponibilidades técnicas, usos previstos del agua, preferencias y capacidad económicas del usuario
	DE	
Ia	AP	Grifos públicos
	DE	Letrinas sin arrastre de agua
Ib	AP	Grifos públicos más unidades de agua para lavado de ropa y baño
	DE	Letrinas con o sin arrastre de agua
IIa	AP	Conexiones domiciliarias, con un grifo por casa
	DE	Letrinas con o sin arrastre de agua
IIb	AP	Conexiones domiciliarias, con más de un grifo por casa
	DRL	Sistema alcantarillo sanitario
<b>Simbología:</b> AP: agua potable      DE: disposiciones de excretas      DRL: disposición de residuos líquidos		

**Fuente:** CPE INEN 5 Parte 9-2

**Tabla 37** Dotaciones de agua para los diferentes niveles de servicio.

Nivel de servicio	Clima Frío [lt/hab*día]	Clima Cálido [lt/hab*día]
Ia	25	30
Ib	50	65
IIa	60	85
IIb	75	100

**Fuente:** CPE INEN 5 Parte 9-2

### 2.2.6.1.3.2 Dotación futura (Df)

La dotación al final del periodo de diseño se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Df = Da + 1 \left[ \frac{It}{\text{hab} * \text{día}} \right] * n \quad \text{Ecuación (9)}$$

**Dónde:**

Df = Dotación futura [lt/hab\*día]

Da = Dotación actual [lt/hab\*día]

n = Periodo de diseño [años]

### 2.2.6.1.4 Caudales de diseño de aguas residuales.

#### 2.2.6.1.4.1 Caudal medio diario sanitario (Qm<sub>ds</sub>)

Se determina mediante la expresión:

$$Q_{m_{ds}} = Q_D + Q_{IND} + Q_C + Q_{INST} \quad \text{Ecuación (10)}$$

**Dónde:**

Q<sub>m<sub>ds</sub></sub> = Caudal medio diario sanitario [lt/seg]

Q<sub>D</sub> = Caudal de aguas residuales domésticas [lt/seg]

Q<sub>IND</sub> = Caudal de aguas residuales industriales [lt/seg]

Q<sub>C</sub> = Caudal de aguas residuales comerciales [lt/seg]

Q<sub>INST</sub> = Caudal de aguas residuales institucionales [lt/seg]

#### 2.2.6.1.4.1.1 Aguas residuales domesticas (Q<sub>D</sub>)

El caudal de aguas residuales domesticas se calcula por medio de la siguiente expresión:

$$Q_D = \frac{DP * A_R * Df * C}{86400} \quad \text{Ecuación (11)}$$

$$Q_D = \frac{Pf * Df * C}{86400} \quad \text{Ecuación (12)}$$

**Dónde:**

Q<sub>D</sub> = Caudal de aguas residuales domesticas [lts/seg]

Pf = Población futura [hab]

Df = Dotación futura [lt/hab\*día]

C = Coeficiente de retorno [%]

Dp = Densidad poblacional futura [hab/Ha]

A<sub>R</sub> = Área residencial bruta [Ha]

## COEFICIENTE DE RETORNO (C)

**Tabla 38** Coeficientes de retorno de aguas residuales domésticas.

Nivel de complejidad del sistema	Coefficiente de retorno C
Bajo y medio	0.70 a 0.80
Medio alto y alto	0.80 a 0.85

**Fuente:** EMAAP-Q 2009

Se considera un coeficiente de retorno  $C=0.80$  para los cálculos de este proyecto.

### 2.2.6.1.4.1.2 Aguas residuales Industriales ( $Q_{IND}$ )

Se puede estimar el caudal según la contribución por área bruta de industria.

**Tabla 39** Contribución industrial .

Nivel de complejidad del sistema	Contribución industrial [lt/seg*Ha*Industria]
Bajo	0.40
Medio	0.60
Medio alto	0.80
Alto	1.00 a 1.50

**Fuente:** EMAAP-Q 2009

En este caso el proyecto no presenta industrias lo que no genera un aporte de aguas residuales de este tipo.

$$Q_{IND} = C_{IND} * A_{IND} \quad \text{Ecuación (13)}$$

**Dónde:**

$Q_{IND}$  = Caudal de aguas residuales industriales [lt/seg]

$C_{IND}$  = Contribución industrial [lt/seg\*Ha\*Industria]

$A_{IND}$  = Área industrial bruta [Ha]

### 2.2.6.1.4.1.3 Aguas residuales Comerciales ( $Q_C$ )

Se puede estimar el caudal con base en la concentración comercial relativa a la residencial según la contribución por área bruta de comercio.

**Tabla 40** Contribución comercial.

Nivel de complejidad del sistema	Contribución comercial [lt/seg*Ha*Comercio]
Cualquiera	0.40 a 0.50

**Fuente:** EMAAP-Q 2009

La existencia de dos locales comerciales pequeños en la comunidad de El Santuario conlleva a considerar una contribución comercial, siendo esta de 0.40 lt/seg\*Ha\*Comercio.

$$Q_C = C_C * A_C \quad \text{Ecuación (14)}$$

**Dónde:**

$Q_C$  = Caudal de aguas residuales comerciales [lt/seg]

$C_C$  = Contribución comercial [lt/seg\*Ha\*Comercio]

$A_C$  = Área comercial bruta [Ha]

#### 2.2.6.1.4.1.4 Aguas residuales Institucionales ( $Q_{INST}$ )

Se puede estimar el caudal a partir de un porcentaje de aporte por unidad de área institucional.

**Tabla 41** Contribución institucional.

Nivel de complejidad del sistema	Contribución institucional [lt/seg*Ha*Institución]
Cualquiera	0.40 a 0.50

**Fuente:** EMAAP-Q 2009

En la comunidad de El Santuario se encuentran algunas instituciones de tipo educativo, cultural y de salud por lo que se considera una contribución institucional de 0.40 lt/seg\*Ha\*Institución.

$$Q_{INST} = C_{INST} * A_{INST} \quad \text{Ecuación (15)}$$

**Dónde:**

$Q_{INST}$  = Caudal de aguas residuales institucionales [lt/seg]

$C_{INST}$  = Contribución institucional [lt/seg\*Ha\*Institución]

$A_{INST}$  = Área institucional bruta [Ha]

#### 2.2.6.1.4.2 Caudal máximo instantáneo ( $Q_i$ )

$$Q_i = M * Q_{ms} \quad \text{Ecuación (16)}$$

**Dónde:**

$Q_i$  = Caudal máximo instantáneo [lt/seg]

$Q_{ms}$  = Caudal medio diario sanitario [lt/seg]

$M$  = Coeficiente de mayoración

#### COEFICIENTE DE MAYORACIÓN $M$

**Tabla 42** Métodos para el cálculo del coeficiente de mayoración  $M$ .

Método	Ecuación	
<b>Babbitt</b>	$M = \frac{4}{P^{0.2}}$	Ecuación (17)
<b>Harmon</b>	$M = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{P}}$	Ecuación (18)
<b>Flores</b>	$M = \frac{3.5}{P^{0.10}}$	Ecuación (19)
<b>Popel</b>	Ver Tabla 6	
$M$ = relación del gasto máximo al gasto medio [ adimensional] $P$ = Población, en miles de habitantes		

**Fuente:** El Autor

Para el proyecto se empleará la Ecuación (18) correspondiente al método de Harmon, de acuerdo con las características descritas en el literal 1.1.4.4.6.2 del Capítulo 1.

#### 2.2.6.1.4.3 Caudal de conexiones erradas ( $Q_e$ )

$$Q_e = C_e * Q_i \quad \text{Ecuación (20)}$$

**Dónde:**

$Q_i$  = caudal máximo instantáneo [lt/seg]

$C_e$  = Contribución por conexiones erradas que varía de 5 a 10 [%]

$Q_e$  = Caudal de conexiones erradas [lt/seg]

El porcentaje por usarse para el cálculo del caudal por conexiones erradas es de 5%.



#### 2.2.6.1.4.4 Caudal de infiltración ( $Q_{inf}$ )

$$Q_{inf} = q_{inf} * L_{tuberia} \quad \text{Ecuación (21)}$$

**Donde:**

$Q_{inf}$  = Caudal de infiltración [lt/seg]

$q_{inf}$  = Coeficiente de infiltración. [lt/seg\*m] Tabla 43

$L_{tuberia}$  = Longitud de la tubería [m]

Los coeficientes de infiltración en tuberías son los mostrados en la Tabla 43, de acuerdo con las características del sistema de alcantarillado del proyecto.

**Tabla 43** Coeficientes de infiltración en tuberías ( $q_{inf}$ )

Nivel Freático	Tubería de Hormigón		Tubería de material plástico	
	Tipo de unión			
	Hormigón	Anillo de goma	Hormigón	Anillo de goma
Bajo	0.0005	0.0002	0.00010	0.00005
Alto	0.0008	0.0002	0.00015	0.00005

**Fuente:** Adaptado Norma Boliviana NB 688 2007 (Ing. Waldo Peñaranda)

El sistema de alcantarillado sanitario por su antigüedad corresponde a tuberías de hormigón y se opta por el nivel freático bajo. De acuerdo con las características descritas y criterios se considera un coeficiente de infiltración de 0.0006.

#### 2.2.6.1.4.5 Caudal de diseño

El caudal de diseño está definido por la siguiente expresión:

$$Q_{ds} = Q_i + Q_e + Q_{inf} \quad \text{Ecuación (22)}$$

Se debe verificar si el caudal de diseño en el tramo considerado es mayor al caudal mínimo ( $q_{mín}$ ), de no ser así se asume como caudal de diseño este último.

$$q_{mín} = 1.5 \frac{lt}{seg}$$

**Donde:**

$Q_{ds}$  = Caudal de diseño sanitario [lt/seg]

$Q_i$  = Caudal máximo instantáneo [lt/seg]

$Q_e$  = Caudal de conexiones erradas [lt/seg]

$Q_{inf}$  = Caudal de infiltración [lt/seg]

$q_{mín}$  = Caudal o flujo mínimo en las redes [lt/seg]

### 2.2.6.1.5 Diseño hidráulico

#### 2.2.6.1.5.1 Pendiente

El valor de la pendiente se determina en función de las cotas del terreno las cuales son producto del levantamiento topográfico mediante la siguiente expresión:

$$J = \frac{C_i - C_f}{L_{\text{tubería}}} * 100\% \quad \text{Ecuación (23)}$$

**Donde:**

J = Pendiente del terreno o del proyecto [m/m]

C<sub>i</sub> = Cota de terreno/proyecto inicial [m]

C<sub>f</sub> = Cota de terreno/proyecto final [m]

L<sub>tubería</sub> = Longitud de tubería [m]

#### 2.2.6.1.5.2 Pendiente mínima

Se puede calcular en base a la ecuación de Manning para la velocidad mínima.

$$S_{\text{mín}} = \left( \frac{n * V_{\text{mín}}}{0.397 * D^{\frac{2}{3}}} \right)^2 \quad \text{Ecuación (24)}$$

**Donde:**

S<sub>min</sub> = Pendiente Mínima [m/m]

V<sub>min</sub> = Velocidad Mínima [m/seg]

n = Coeficiente de Rugosidad de Manning ( Ver Tabla 8 )

D = Diámetro [m]

#### 2.2.6.1.5.3 Pendiente máxima

Se puede calcular en base a la ecuación de Manning para la velocidad máxima.

$$S_{\text{máx}} = \left( \frac{n * V_{\text{máx}}}{0.397 * D^{\frac{2}{3}}} \right)^2 \quad \text{Ecuación (25)}$$

**Donde:**

S<sub>max</sub> = Pendiente Máxima [m/m]

V<sub>máx</sub> = Velocidad Máxima [m/seg]

n = Coeficiente de Rugosidad de Manning ( Ver Tabla 8 )

D = Diámetro [m]

#### 2.2.6.1.5.4 Diámetro de la tubería

$$Q = \frac{0.312}{n} * D^{\frac{8}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$
 Ecuación (26)

De donde D es:

$$D = \left( \frac{Q_{ds} * n}{0.312 * S^{\frac{1}{2}}} \right)^{\frac{3}{8}}$$
 Ecuación (27)

**Donde:**

S= Pendiente [m/m]

Q<sub>ds</sub> =Caudal de diseño de cada tramo [m<sup>3</sup>/seg]

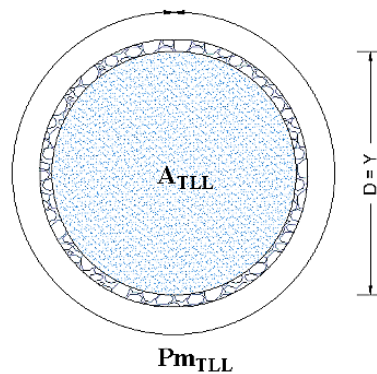
D =Diámetro de tubería calculado [m]

n = coeficiente de rugosidad de Manning para tuberías ( Ver Tabla 8 )

#### 2.2.6.1.5.5 Condiciones hidráulicas de conducción

##### 2.2.6.1.5.5.1 Sección totalmente llena

En el diseño hidráulico para la condición de tubería totalmente llena está determinada mediante las ecuaciones de la Tabla 44.



**Figura 20.** Sección a tubería llena

**Fuente:** El Autor

**Tabla 44** Ecuaciones-Sección totalmente llena.

Parámetro	Ecuación	
Área mojada	$A_{TLL} = \frac{\pi * D^2}{2}$	Ecuación (28)
Perímetro mojado	$P_{mTLL} = \pi * D$	Ecuación (29)
Radio hidráulico	$R_{hTLL} = \frac{A_{TLL}}{P_{TLL}} = \frac{D}{4}$	Ecuación (30)
Velocidad	$V_{TLL} = \frac{1}{n} * R_{hTLL}^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$	Ecuación (31)
Caudal	$Q_{TLL} = \frac{1}{n} * R_{hTLL}^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} * A_{TLL}$	Ecuación (32)
$A_{TLL}$ = Área mojada sección llena [m <sup>2</sup> ] $P_{mTLL}$ = Perímetro mojado sección llena [m] $R_{hTLL}$ = Radio hidráulico a tubo lleno [m] $V_{TLL}$ = Velocidad a tubo totalmente lleno [m/s]		$Q_{TLL}$ = Caudal a tubo totalmente lleno [m <sup>3</sup> /seg] $n$ = Coeficiente de Rugosidad (Ver Tabla 8) $D$ = Diámetro de la tubería [m] $S$ = Pendiente de proyecto [m/m]

**Fuente:** El Autor

### 2.2.6.1.5.5.2 Sección parcialmente llena

#### 2.2.6.1.5.5.2.1 Tirante de agua

En el cálculo hidráulico en una tubería parcialmente llena se debe estimar el valor del tirante (Y) de agua ya que este no es igual al diámetro como sucede en la conducción a tubería totalmente llena. El valor máximo permisible de tirante de flujo adoptado para los cálculos del este proyecto será de 80% del diámetro real de la tubería.

$$Y \leq 80\% * D \quad \text{Ecuación (33)}$$

$$\frac{Y}{D} \leq 80\% \quad \text{Ecuación (34)}$$

**Donde:**

Y = Tirante de agua [m]

D = Diámetro de tubería calculado [m]

El trabajo de determinar el valor del tirante del flujo en cada uno de los tramos del sistema de alcantarillado resulta extenso, es por ello por lo que con la finalidad de obtener resultados de forma rápida y precisa se empleará el programa Microsoft Excel y la función Solver donde se aplicará las fórmulas para las características geométricas en conductos parcialmente llenos, especificadas en la Tabla 46, y por

consiguiente determinar el valor del tirante, optimizándonos así las iteraciones que el proceso manual implicaría. Esta metodología es similar a la empleada por programas automatizados como SN Canales desarrollado por la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, sin embargo, no se optó por su uso por el tiempo que nos consume intercambiar los datos desde el mencionado programa a nuestra hoja de cálculo para el diseño.

Finalmente, el cálculo del tirante se hallará mediante la siguiente igualdad:

$$Q_{pII} = \frac{1}{n} * Rh_{pII}^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} * A_{pII}$$

$$\frac{Q_{pII} * n}{S^{\frac{1}{2}}} = Rh_{pII}^{\frac{2}{3}} * A_{pII}$$

$$\frac{Q_{pII} * n}{S^{\frac{1}{2}}} = \left( \frac{D^2}{8} (\theta - \sin \theta) \right)^{\frac{2}{3}} * \left( \frac{D^2}{8} (\theta - \sin \theta) \right)$$

$$\frac{Q_{pII} * n}{S^{\frac{1}{2}}} = \left( \frac{D^2}{8} \left( \left( 2 * \cos^{-1} \left( \frac{D/2 - Y}{D/2} \right) \right) - \sin \left( 2 * \cos^{-1} \left( \frac{D/2 - Y}{D/2} \right) \right) \right) \right)^{\frac{2}{3}} \\ \frac{1}{S^{\frac{1}{2}}} = \left( \frac{D^2}{8} \left( \left( 2 * \cos^{-1} \left( \frac{D/2 - Y}{D/2} \right) \right) - \sin \left( 2 * \cos^{-1} \left( \frac{D/2 - Y}{D/2} \right) \right) \right) \right)^{\frac{2}{3}} \\ \frac{1}{S^{\frac{1}{2}}} = \left( \frac{D^2}{8} \left( \left( 2 * \cos^{-1} \left( \frac{D/2 - Y}{D/2} \right) \right) - \sin \left( 2 * \cos^{-1} \left( \frac{D/2 - Y}{D/2} \right) \right) \right) \right)^{\frac{2}{3}} \\ * \left( \frac{D^2}{8} \left( \left( 2 * \cos^{-1} \left( \frac{D/2 - Y}{D/2} \right) \right) - \sin \left( 2 * \cos^{-1} \left( \frac{D/2 - Y}{D/2} \right) \right) \right) \right)$$

#### IGUALDAD PARA EL CÁLCULO DEL TIRANTE DE AGUA

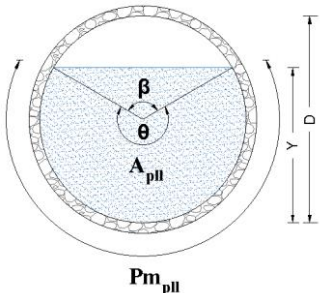
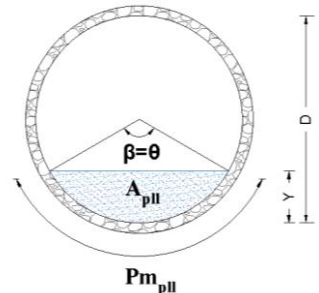
$$\frac{Q_{pII} * n}{S^{\frac{1}{2}}} - \left( \frac{D^2}{8} \left( \left( 2 * \cos^{-1} \left( \frac{D/2 - Y}{D/2} \right) \right) - \sin \left( 2 * \cos^{-1} \left( \frac{D/2 - Y}{D/2} \right) \right) \right) \right)^{\frac{2}{3}} \\ \frac{1}{S^{\frac{1}{2}}} - \left( \frac{D^2}{8} \left( \left( 2 * \cos^{-1} \left( \frac{D/2 - Y}{D/2} \right) \right) - \sin \left( 2 * \cos^{-1} \left( \frac{D/2 - Y}{D/2} \right) \right) \right) \right)^{\frac{2}{3}} \\ * \left( \frac{D^2}{8} \left( \left( 2 * \cos^{-1} \left( \frac{D/2 - Y}{D/2} \right) \right) - \sin \left( 2 * \cos^{-1} \left( \frac{D/2 - Y}{D/2} \right) \right) \right) \right) = 0$$

Ecuación (35)

**2.2.6.1.5.5.2.2 Ángulo formado desde la superficie del agua al centro del tubo**

El ángulo formado por el caudal que circula en el interior de la tubería depende de la relación tirante-diámetro y los criterios para su determinación se detallan en la Tabla 45.

**Tabla 45** Ecuaciones para el ángulo formado en la tubería parcialmente llena.

Criterio			
$\frac{Y}{D} \geq 50\%$		$\frac{Y}{D} < 50\%$	
			
$\beta = 2 * \cos^{-1} \left( \frac{Y - D/2}{D/2} \right)$	Ecuación (36)	$\beta = 2 * \cos^{-1} \left( \frac{D/2 - Y}{D/2} \right)$	Ecuación (37)
$\theta = 2\pi - \beta$	Ecuación (38)	$\theta = \beta$	Ecuación (39)
$\beta$ = Ángulo beta formado desde la superficie del agua al centro del tubo [rad] $Y$ = Tirante de agua [m]		$\theta$ = Ángulo teta, para el cálculo de las características geométricas [rad] $D$ = Diámetro de la tubería [m]	

**Fuente:** El Autor

**Tabla 46** Ecuaciones-Sección parcialmente llena.

Parámetro	Ecuación	
Área mojada	$A_{p11} = \frac{D^2}{8} (\theta - \sin \theta)$	Ecuación (40)
Perímetro mojado	$P_{m_{p11}} = \frac{\theta * D}{2}$	Ecuación (41)
Radio hidráulico	$Rh_{p11} = \frac{A_{p11}}{P_{p11}}$	Ecuación (42)
Velocidad	$V_{p11} = \frac{1}{n} * Rh_{p11}^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$	Ecuación (43)
Caudal	$Q_{p11} = V_{p11} * A_{p11}$	Ecuación (44)
$A_{p11}$ = Área mojada sección parcialmente llena [m <sup>2</sup> ] $P_{m_{p11}}$ = Perímetro mojado sección parcialmente llena [m] $Rh_{p11}$ = Radio hidráulico a tubo parcialmente lleno [m]		$V_{p11}$ = Velocidad a tubo parcialmente lleno [m/s] $Q_{p11}$ = Caudal a tubo parcialmente lleno [m <sup>3</sup> /seg] $n$ = Coeficiente de Rugosidad (Ver Tabla 8) $D$ = Diámetro de la tubería [m] $S$ = Pendiente de proyecto [m/m]

**Fuente:** El Autor

#### 2.2.6.1.5.5.2.3 Tensión tractiva

$$\tau = \rho * g * Rh_{p11} * S \quad \text{Ecuación (45)}$$

**Donde:**

$\tau$  = Tensión tractiva [Pa]

$\rho$  = Densidad del agua [1000 kg/m<sup>3</sup>]

$g$  = Valor de la gravedad [9.81 m/s<sup>2</sup>]

$Rh_{p11}$  = Radio Hidráulico a sección parcialmente llena [m]

$S$  = Pendiente del tramo de tubería [m/m]

#### 2.2.6.2 ETAPA 2: Planta de tratamiento de aguas residuales

La verificación de la funcionalidad de la planta de tratamiento de aguas residuales se basa en la comparación con los límites de descarga establecidos por la norma vigente TULSMA y los resultados obtenidos de los análisis del agua residual. Además de la verificación de las dimensiones de las unidades de tratamiento en función de la carga contaminante que reciben.

Los cálculos realizados y conceptos para el diseño de los componentes de la planta de tratamiento se basan en normativas internacionales, guías y manuales:

- Tratamiento de aguas residuales: Teoría y principios de diseño [28].
- RAS-2000. Sección II Título E :Tratamiento de Aguas Residuales [29].
- Manual para el diseño de unidades de tipo biológico en Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales domésticas en el Salvador [47].
- OPS/CEPIS, Guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores[30].
- RAS-2000. Título B: Sistemas de Acueducto[31].
- OPS/CEPIS, Guía para el diseño de Tanques Sépticos, Tanques Imhoff y Lagunas de estabilización [35].
- Norma Técnica I.S. 020: Tanques sépticos[36].
- CONAGUA, “Operación y Mantenimiento de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Tratamiento y Disposición de Lodos,” in *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento*[38].
- CONAGUA, “Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales : Filtros Anaerobios de Flujo Ascendente,” in *Manual de Agua Potable , Alcantarillado y Saneamiento* [39].
- “Anaerobic Reactors,” in *Biological Wastewater Treatment series* [48].

Una vez realizada la FASE 2: DIAGNÓSTICO- ETAPA 2: Estado de la planta de tratamiento de aguas residuales, se determina las unidades de tratamiento con las que cuenta la planta de tratamiento y aquellos procesos físicos que son necesarios para la remoción eficiente de los contaminantes.

### 2.2.6.2.1 DISEÑO DEL CANAL DE ENTRADA

#### 2.2.6.2.1.1 Área mojada del canal

$$A_m = \frac{Q_d}{V_{ar}} \quad \text{Ecuación (46)}$$

**Donde:**

$A_m$  = Área mojada al paso de agua [m<sup>2</sup>]

$Q_d$  = Caudal de diseño [m<sup>3</sup>/seg]

$V_{ar}$  = Velocidad mínima de aproximación [m/seg] (Ver Tabla 10)

#### 2.2.6.2.1.2 Tirante de agua en el canal

$$h = \frac{A_m}{B_c} \quad \text{Ecuación (47)}$$



**Donde:**

$h$  = Tirante de agua en el canal [m]

$A_m$  = Área mojada al paso de agua [m<sup>2</sup>]

$B_c$  = Base del canal asumida [m]

#### **2.2.6.2.1.3 Altura total del canal**

$$H_c = h + H_s$$

Ecuación (48)

**Donde:**

$H_c$  = Altura total del canal [m]

$h$  = Tirante de agua en el canal [m]

$H_s$  = Altura de borde de seguridad [m]

#### **2.2.6.2.1.4 Volumen del canal**

$$V_c = Q_d * T_r$$

Ecuación (49)

**Donde:**

$V_c$  = Volumen del canal [m<sup>3</sup>]

$Q_d$  = Caudal de diseño [m<sup>3</sup>/seg]

$T_r$  = Tiempo de retención [seg]

#### **2.2.6.2.1.5 Longitud del canal**

$$L_c = \frac{V_c}{H_c * B_c}$$

Ecuación (50)

**Donde:**

$L_c$  = Longitud del canal [m]

$H_c$  = Altura total del canal [m]

$V_c$  = Volumen del canal [m<sup>3</sup>]

$B_c$  = Base del canal asumida [m]

## 2.2.6.2.2 DISEÑO DEL CRIBADO (REJILLAS)

### 2.2.6.2.2.1 Eficiencia de la rejilla

$$E = \frac{e}{\emptyset + e} \quad \text{Ecuación (51)}$$

**Donde:**

E = Eficiencia de la rejilla del canal [Adimensional]

e = Separación entre barras [m]

$\emptyset$  = Diámetro de barras [m]

### 2.2.6.2.2.2 Velocidad en la rejilla

$$V_b = \frac{V_{ar}}{E} \quad \text{Ecuación (52)}$$

**Donde:**

$V_{ar}$  = Velocidad mínima aguas arriba de la reja [m/seg]

$V_b$  = Velocidad mínima a través de las barras [m/seg]

E = Eficiencia de la rejilla del canal [Adimensional]

### 2.2.6.2.2.3 Área libre al paso de agua

Indica el flujo que se encuentra presenta en el canal.

$$Al = \frac{Qd}{V_b} \quad \text{Ecuación (53)}$$

**Donde:**

Al = Área libre al paso de agua [m<sup>2</sup>]

Qd = Caudal de diseño [m<sup>3</sup>/seg]

$V_b$  = Velocidad mínima a través de las barras [m/seg]

### 2.2.6.2.2.4 Tirante de agua en el canal

Corresponde a la altura del agua en el interior del canal.

$$h = \frac{Al}{Bc} \quad \text{Ecuación (54)}$$

**Donde:**

h = Tirante de agua en el canal [m]

Al = Área libre al paso de agua [m<sup>2</sup>]

Bc = Ancho del canal de llegada [m]

#### 2.2.6.2.2.5 *Altura total del canal*

Es unión de la altura de agua en el canal con una altura de seguridad que será escogida en base el criterio del diseñador con la finalidad de facilitar su proceso constructivo.

$$H = h + H_s \quad \text{Ecuación (55)}$$

**Donde:**

H = Altura total del canal [m]

h = Tirante de agua en el canal [m]

H<sub>s</sub> = Altura de seguridad [m]

#### 2.2.6.2.2.6 *Longitud de barras*

$$L_b = \frac{H}{\sin \theta} \quad \text{Ecuación (56)}$$

**Donde:**

L<sub>b</sub> = Longitud de barras [ m]

H = Altura total del canal [m]

θ = Pendiente con la vertical [grados]

#### 2.2.6.2.2.7 *Número de barras*

$$N_b = \frac{b - e}{e + \phi} \quad \text{Ecuación (57)}$$

**Donde:**

N<sub>b</sub> = Número de barras [unidades]

b = Ancho del canal de llegada [m]

e = Separación entre barras [m]

φ = Diámetro de barras [m]

#### 2.2.6.2.2.8 *Número de espacios*

$$n_e = N_b + 1 \quad \text{Ecuación (58)}$$

**Donde:**

n<sub>e</sub> = Número de espacios [unidades]

N<sub>b</sub> = Número de barras [unidades]

#### 2.2.6.2.2.9 *Ancho real del canal de llegada*

$$b' = (N_b * \phi) + (n * e) \quad \text{Ecuación (59)}$$

**Donde:**

N<sub>b</sub> = Número de barras propuesto [unidades]

$b'$  = Ancho calculado para comprobación [m]  
 $n_e$  = Número de espacios propuesto [unidades]  
 $e$  = Espaciamiento entre barrotes final [m]  
 $\emptyset$  = Ancho del barrote [m]

#### 2.2.6.2.2.10 Longitud del canal

La longitud debe ser tal que permita un tiempo de retención de 3 segundos.

$$L_c = \frac{Q_d}{\frac{h * b'}{T_r}} \quad \text{Ecuación (60)}$$

**Donde:**

$L_c$  = Longitud del canal [m]  
 $Q_d$  = Caudal de diseño [m<sup>3</sup>/seg]  
 $b'$  = Ancho calculado para comprobación [m]  
 $h$  = Tirante de agua en el canal [m]  
 $T_r$  = Tiempo de retención del agua en el canal [seg]

#### 2.2.6.2.2.11 Pérdida de carga en rejillas

- **Ecuación (Metcalf & Eddy):** Aplicable para rejillas limpias o parcialmente sucias.

$$H_f = \frac{1}{0.7} * \left( \frac{V_b^2 - V_{ar}^2}{2 * g} \right) \quad \text{Ecuación (61)}$$

**Donde:**

$H_f$  = Pérdida de carga [m]  
 $V_b$  = Velocidad a través de las barras [m/seg]  
 $V_{ar}$  = Velocidad aguas arriba de la rejilla [m/seg]  
 $g$  = Aceleración de la gravedad [9.81 m/seg<sup>2</sup>]

Generalmente para el análisis de rejillas sucias se emplea un ensuciamiento del 50%, esto hace que la velocidad a través de las barras ( $V$ ) sea aproximadamente el doble de la velocidad con rejilla limpia.

$$H_{f_{\text{reja sucia}}} = \frac{1}{0.7} * \left( \frac{(2 * V_b)^2 - V_{ar}^2}{2 * g} \right) \quad \text{Ecuación (62)}$$

## 2.2.6.2.3 DISEÑO DEL DESARENADOR

### 2.2.6.2.3.1 Viscosidad cinemática

$$\eta = \frac{0.43596}{T + 23.33} \quad \text{Ecuación (63)}$$

**Donde:**

$\eta$  = Viscosidad cinemática del agua [cm<sup>2</sup>/seg]

T = Temperatura del agua [°C]

### 2.2.6.2.3.2 Velocidad de sedimentación

La ley aplicable para determinar la velocidad de sedimentación se indica en la Tabla 47 y está en base a la relación que tiene con el diámetro de las partículas. De manera inicial se asume que la ley aplicable es la de Stokes.

**Tabla 47** Relación entre diámetro de las partículas y velocidad de sedimentación.

Tipo de partícula	Diámetro límite de las partículas [cm]	Número de Reynolds	Velocidad de sedimentación [cm/seg]	Régimen	Ley aplicable
GRAVA	>1.0	>1000	100	Turbulento	$V_s = 1.82 \sqrt{\phi_p * g \left( \frac{\rho_p - \rho_{H2O}}{\rho_{H2O}} \right)}$ <p><u>NEWTON</u> Ecuación (64)</p>
ARENA GRUESA	0.100 0.080 0.060 0.050 0.040 0.030 0.020 0.015	1000 600 180 27 17 10 4 2	10.0 8.3 6.4 5.3 4.2 3.2 2.1 1.5	Transición	$V_s = 0.22 * \left( g * \frac{\rho_p - \rho_{H2O}}{\rho_{H2O}} \right)^{\frac{2}{3}} * \left( \frac{\phi_p}{\left( \frac{\eta}{\rho_{H2O}} \right)^{\frac{1}{3}}} \right)$ <p><u>ALLEN</u> Ecuación (65)</p>
ARENA FINA	0.010 0.008 0.006 0.005 0.004 0.003 0.002 0.001	0.8 0.5 0.24 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0	0.8 0.6 0.4 0.3 0.2 0.13 0.06 0.015	Laminar	$V_s = \frac{1}{18} * g * \frac{\rho_p - \rho_{H2O}}{\eta} * \phi_p^2$ <p><u>STOKES</u> Ecuación (66)</p>
g = Aceleración de la gravedad [980.665 cm/seg <sup>2</sup> ] $\phi_p$ = Diámetro de la partícula (cm) $\eta$ = Viscosidad cinemática del agua [cm <sup>2</sup> /seg]				$\rho_p$ = peso específico de la partícula [gr/cm <sup>3</sup> ] $\rho_{H2O}$ = peso específico del agua [gr/cm <sup>3</sup> ] Vs = velocidad de sedimentación [cm/seg]	

**Fuente:** OPS/CEPIS Guía para el diseño de desarenadores y Sedimentadores[30] .

### 2.2.6.2.3.3 Número de Reynolds

Se debe verificar que el número de Reynolds corresponda al régimen asumido de manera inicial (Ley de Stokes) para ello se emplea la siguiente expresión:

$$Re = \frac{V_s * \phi_p}{\eta} \quad \text{Ecuación (67)}$$

**Donde:**

Re = Número de Reynolds [Adimensional]

V<sub>s</sub> = Velocidad de sedimentación [cm/seg]

ϕ<sub>p</sub> = Diámetro de la partícula (cm)

η = Viscosidad cinemática del agua [cm<sup>2</sup>/seg]

En el caso donde no se cumple que Re < 1 (Ley de Stokes) se debe reajustar la velocidad de sedimentación en función de la Figura 21 que contempla dos términos.

- **Término del diámetro**

$$T1 = \left( g * \frac{\rho_p - 1}{\eta^2} \right)^{\frac{1}{3}} * \phi_p \quad \text{Ecuación (68)}$$

- **Término de la velocidad de sedimentación**

$$\frac{V_s}{[g * (\rho_p - 1) * \eta]^{\frac{1}{3}}} = T2 \quad \text{Ecuación (69)}$$

**Donde:**

V<sub>s</sub> = Velocidad de sedimentación [cm/seg]

ϕ<sub>p</sub> = Diámetro de la partícula (cm)

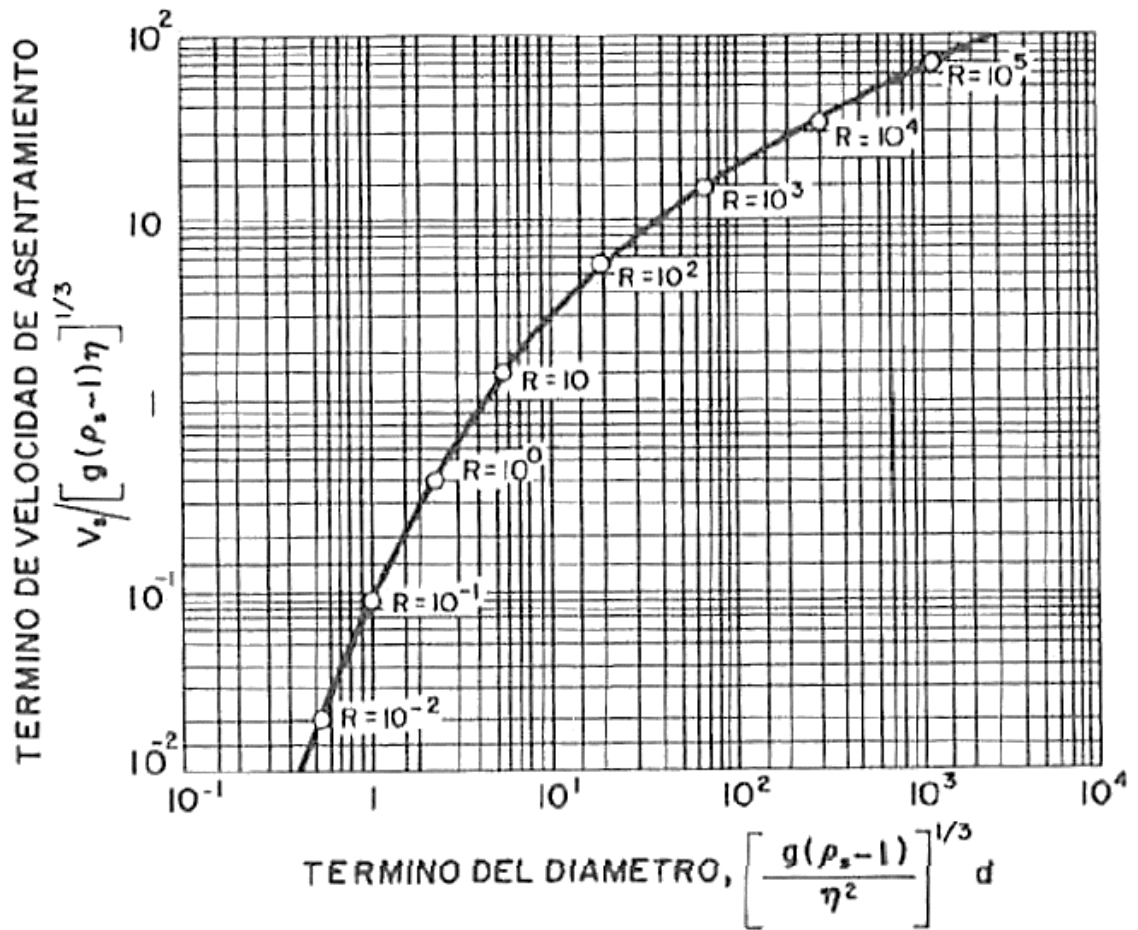
η = Viscosidad cinemática del agua [cm<sup>2</sup>/seg]

ρ<sub>p</sub> = Peso específico de la partícula [gr/cm<sup>3</sup>]

g = Aceleración de la gravedad [9.8 m/seg<sup>2</sup>]

T1 = Valor del término del diámetro.

T2 = Valor del término de la velocidad según la Figura 21.



**Figura 21.** Valores de asentamiento o flotación de Fair y Geyer.

**Fuente:** OPS/CEPIS Guía para el diseño de desarenadores y Sedimentadores[30] .

Una vez determinado la corrección de la velocidad de asentamiento se calcula nuevamente el número de Reynolds para determinar el régimen en el que se localiza.

#### 2.2.6.2.3.4 Coeficiente de arrastre

Para este computo se emplea el número de Reynolds recalculado y se aplica la ecuación de acuerdo con el régimen determinado, posteriormente de vuelve a calcular el valor de la velocidad real de sedimentación.

**Tabla 48** Coeficiente de arrastre.

Régimen	Coeficiente de arrastre	Velocidad de sedimentación
Turbulento	CA = 0.4 Ecuación (70)	$V_s = \sqrt{\frac{4}{3} * \frac{g}{CA} * \phi_p * \left(\frac{\rho_p - \rho_{H_2O}}{\rho_{H_2O}}\right)}$ <p style="text-align: center;">Ecuación (71)</p>
Transición	CA = $\frac{24}{Re} + \frac{3}{\sqrt{Re}} + 0.34$ Ecuación (72)	
Laminar	CA = $\frac{24}{Re}$ Ecuación (73)	
g = Aceleración de la gravedad [980.665 cm/seg <sup>2</sup> ] $\phi_p$ = Diámetro de la partícula (cm) $\rho_p$ = Peso específico de la partícula [gr/cm <sup>3</sup> ] $\rho_{H_2O}$ = Peso específico del agua [gr/cm <sup>3</sup> ]		Vs = Velocidad de sedimentación [cm/seg] CA = Coeficiente de arrastre [adimensional] Re = Número de Reynolds[adimensional]

**Fuente:** Sedimentación, Ing. Víctor Maldonado Yactayo [49].

#### 2.2.6.2.3.5 Caudal por tratar

Es el caudal que circula considerando el número de unidades o naves de desarenado, en la Guía para el diseño de desarenadores y Sedimentadores de la OPS/CEPIS [30] se establece que mínimo se considere dos unidades. La ecuación de cálculo permite además tomar en cuenta la posibilidad que una de las unidades esta fuera de servicio para efectos de mantenimiento.

$$Q_{\text{tratar}} = \frac{Q_d}{N_{\text{unidades}} - 1} \quad \text{Ecuación (74)}$$

**Donde:**

$Q_{\text{tratar}}$  = Caudal de diseño para una unidad de desarenado [m<sup>3</sup>/seg]

$Q_d$  = Caudal de diseño [m<sup>3</sup>/seg]

$N_{\text{unidades}}$  = Número de unidades o naves de desarenado. [Unidades]

#### 2.2.6.2.3.6 Velocidad media de flujo

$$V_{\text{flujo}} = a * \sqrt{\phi_p} \quad \text{Ecuación (75)}$$

**Donde :**

$V_{\text{flujo}}$  = Velocidad media de flujo o de escurrimiento en el desarenador [cm/seg]

$\phi_p$  = Diámetro de la partícula [mm]

$a$  = Coeficiente en función del diámetro de la partícula[Adimensional]



## COEFICIENTE a

Es una constante que ayuda a determinar la velocidad de flujo y está en función del diámetro de la partícula.

**Tabla 49** Coeficiente a para velocidad de flujo.

a	Diámetro
36	$\phi_p > 1mm$
44	$1mm > \phi_p > 0.1mm$
51	$\phi_p < 0.1mm$

**Fuente:** “Apoyo didáctico en la enseñanza – aprendizaje de la asignatura de plantas de tratamiento de aguas residuales”[50].

### 2.2.6.2.3.7 Área Transversal del desarenador

Es el área que debe tener la sección de la unidad de sedimentación.

$$A_{\text{transversal}} = \frac{Q_{\text{tratar}}}{V_{\text{flujo}}} \quad \text{Ecuación (76)}$$

**Donde:**

$A_{\text{transversal}}$  = Área Transversal del desarenador [m<sup>2</sup>]

$Q_{\text{tratar}}$  = Caudal de diseño para una unidad de desarenado [m<sup>3</sup>/seg]

$V_{\text{flujo}}$  = Velocidad media de flujo o de escurrimiento en el desarenador [m/seg]

### 2.2.6.2.3.8 Dimensiones del desarenador

Las dimensiones de largo Ld (m), ancho Bd (m) y altura Hd (m) deben ser determinadas cumpliendo las relaciones o criterios mencionados en el literal 1.1.4.8.2.2, considerando el espaciamiento entre la entrada y la cortina o pared de distribución de flujo.

### 2.2.6.2.3.9 Base del desarenador

Se considera una altura en función de las recomendaciones de la OPS/CEPIS.

$$Bd = \text{asumido}$$

**Donde:**

Bd = Base del desarenador [m]

### 2.2.6.2.3.10 Altura del desarenador

$$A_{\text{transversal}} = B_d * H_d \quad \text{Ecuación (77)}$$

$$H_d = \frac{A_{\text{transversal}}}{B_d} \quad \text{Ecuación (78)}$$

**Donde:**

$H_d$  = Altura del desarenador, incluye altura de borde libre[m]

$A_{\text{transversal}}$  = Área Transversal del desarenador [m<sup>2</sup>]

$B_d$  = Base del desarenador [m]

### 2.2.6.2.3.11 Longitud de la cámara de sedimentación

$$L_d = k * H_d * \frac{V_{\text{flujo}}}{V_s - 0.04 * V_{\text{flujo}}} \quad \text{Ecuación (79)}$$

**Donde:**

$L_d$  = Longitud de la cámara de sedimentación [m]

$k$  = Coeficiente de amplificación para la longitud del desarenador [Adimensional]

$H_d$  = Altura del desarenador, incluye altura de borde libre[m]

$V_{\text{flujo}}$  = Velocidad del flujo [m/seg]

$V_s$  = Velocidad de sedimentación [m/seg]

### Coeficiente de amplificación para la longitud del desarenador (K)

Se puede determinar mediante la expresión :

$$k = 2.5 * V_{\text{flujo}} + 0.75 \quad \text{Ecuación (80)}$$

**Donde:**

$k$  = Coeficiente de amplificación para la longitud del desarenador [Adimensional]

$V_{\text{flujo}}$  = Velocidad del flujo [m/seg]

### 2.2.6.2.3.12 Longitud de transición de entrada y salida

$$L_t = \frac{B_d - b}{2 * \tan \alpha} \quad \text{Ecuación (81)}$$

**Donde:**

$L_t$  = Longitud de transición [m]

$B_d$  = Ancho del desarenador [m]

$b$  = Ancho del canal de llegada a la transición, ancho del canal de cribado [m]

$\alpha$  = Angulo de divergencia para reducir las pérdidas al mínimo [12.30°]

### 2.2.6.2.3.13 Período de retención hidráulica

$$TRH = \frac{Hd}{Vs} \quad \text{Ecuación (82)}$$

**Donde:**

TRH = Período de retención hidráulica [s]

Hd = Altura del desarenador, incluye altura de borde libre [m]

Vs = Velocidad de sedimentación [m/seg]

### 2.2.6.2.3.14 Período de desplazamiento

$$TD = \frac{Ld}{V_{\text{flujo}}} \quad \text{Ecuación (83)}$$

**Donde:**

TD = Período de desplazamiento en el desarenador [seg]

Ld = Longitud de la cámara de sedimentación [m]

V<sub>flujo</sub> = Velocidad del flujo [m/seg]

### 2.2.6.2.3.15 Verificación del período de retención hidráulica

$$TD > TRH \quad \text{Ecuación (84)}$$

**Donde:**

TD = Período de desplazamiento en el desarenador [m]

TRH = Período de retención hidráulica [seg]

### 2.2.6.2.3.16 Vertedero para control de velocidad-Vertedero Sutro

#### 2.2.6.2.3.16.1 Altura máxima del vertedero

$$Hv = \frac{Qd}{2 * bv * \sqrt{2 * g * k}} - \frac{2}{3} * k \quad \text{Ecuación (85)}$$

**Donde:**

Hv = Altura máxima del vertedero [m]

Qd = Caudal que recibe el vertedero [m<sup>3</sup>/seg]

k = Ancho mínimo del rectángulo inferior [m]

bv = Ancho de la base del rectángulo inferior del vertedero [m]

g = Aceleración de la gravedad [9.81 m/seg<sup>2</sup>]

#### 2.2.6.2.3.16.2 Caudales de descarga del vertedero

$$Q1 = 2 * bv * \sqrt{2 * g * k} * \left( Hv + \frac{2}{3} * k \right) \quad \text{Ecuación (86)}$$

$$Q_2 = \frac{4}{3} * bv * \sqrt{2 * g} * \left[ (Hv + k)^{\frac{3}{2}} - H^{\frac{3}{2}} \right] \quad \text{Ecuación (87)}$$

**Donde:**

Q1 = Descarga cuando el tirante esta arriba del rectángulo inferior,  $Hv > k$  [ $m^3/seg$ ]

Q2 = Descarga cuando el tirante está en el rectángulo inferior,  $Hv < k$  [ $m^3/seg$ ]

Hv = Tirante de agua en el vertedero [m]

k = Ancho mínimo del rectángulo inferior [m]

bv = Ancho de la base del rectángulo inferior del vertedero [m]

g = Aceleración de la gravedad [ $9.81 m/seg^2$ ]

#### 2.2.6.2.3.16.3 Perfil de las paredes del vertedero

$$x = bv * \left( 1 - \frac{2}{\pi} * \tan^{-1} \left( \sqrt{\frac{y}{k}} \right) \right) \quad \text{Ecuación (88)}$$

**Donde:**

k = Ancho mínimo del rectángulo inferior [m]

x, y = Coordenadas de la escotadura o perfil [m]

bv = Ancho de la base del rectángulo inferior del vertedero [m]

### 2.2.6.2.4 DISEÑO DE LA TRAMPA DE GRASAS

#### 2.2.6.2.4.1 Volumen de la trampa de grasas

$$V_{tg} = Qd * Tr \quad \text{Ecuación (89)}$$

**Donde:**

$V_{tg}$  = Volumen del tanque de la trampa de grasas [ $m^3$ ]

Qd = Caudal de diseño [ $m^3/seg$ ]

Tr = Tiempo de retención [seg]

#### 2.2.6.2.4.2 Área superficial de la trampa de grasas

$$As_{tg} = \frac{Qd}{Va} \quad \text{Ecuación (90)}$$

**Donde:**

$As_{tg}$  = Área superficial de la trampa de grasas [ $m^2$ ]

Qd = Caudal de diseño [ $m^3/seg$ ]

Va = Velocidad ascendente mínima [m/seg]

#### 2.2.6.2.4.3 Longitud de la trampa de grasas

Se establece en función de las recomendaciones de la Tabla 12.

$$\frac{L_{tg}}{B_{tg}} = \frac{r1}{r2} \quad \text{Ecuación (91)}$$

$$L_{tg} = \frac{r1}{r2} * B_{tg} \quad \text{Ecuación (92)}$$

**Donde:**

$B_{tg}$  = Base del tanque de la trampa de grasas [m]

$L_{tg}$  = Longitud del tanque de la trampa de grasas [m]

$r1, r2$  = Relación Longitud / Base del tanque de la trampa de grasas [Adimensional]

#### **2.2.6.2.4.4 Base de la trampa de grasas**

$$AS_{tg} = L_{tg} * B_{tg} \quad \text{Ecuación (93)}$$

$$AS_{tg} = \frac{r1}{r2} * B_{tg} * B_{tg}$$

$$AS_{tg} = \frac{r1}{r2} * B_{tg}^2$$

$$B_{tg} = \sqrt{\frac{r2}{r1} * AS_{tg}} \quad \text{Ecuación (94)}$$

**Donde:**

$B_{tg}$  = Base del tanque de la trampa de grasas [m]

$L_{tg}$  = Longitud del tanque de la trampa de grasas [m]

$r1, r2$  = Relación Longitud / Base del tanque de la trampa de grasas [Adimensional]

$AS_{tg}$  = Área superficial de la trampa de grasas [m<sup>2</sup>]

#### **2.2.6.2.4.5 Altura de la trampa de grasas**

$$H_{tg} = \frac{V_{tg}}{AS_{tg}} \quad \text{Ecuación (95)}$$

$$HT_{tg} = H_{tg} + Hb \quad \text{Ecuación (96)}$$

**Donde:**

$H_{tg}$  = Altura de la trampa de grasas, sin incluir borde libre [m]

$AS_{tg}$  = Área superficial de la trampa de grasas [m<sup>2</sup>]

$V_{tg}$  = Volumen del tanque de la trampa de grasas [m<sup>3</sup>]

$HT_{tg}$  = Altura total de la trampa de grasas [m]

$Hb$  = Altura libre de la trampa de grasas [m]

## 2.2.6.2.5 DISEÑO DEL TANQUE SÉPTICO

### 2.2.6.2.5.1 Caudal de aporte unitario de aguas residuales para el tanque séptico

$$Qd_{fosa} = \frac{Qd}{Pf} * 86400 \quad \text{Ecuación (97)}$$

**Donde:**

$Qd_{fosa}$  = Caudal de aporte unitario de aguas residuales [lt/habitantes\*día]

$Qd$  = Caudal de diseño [lt/seg]

$Pf$  = Población servida [habitantes]

### 2.2.6.2.5.2 Periodo de retención hidráulica

$$PR = 1.5 - 0.3 * \text{Log}(Pf * Qd_{fosa}) \quad \text{Ecuación (98)}$$

**Donde:**

$PR$  = Periodo de retención hidráulica [días]

$Pf$  = Población servida [habitantes]

$Qd_{fosa}$  = Caudal de aporte unitario de aguas residuales [lt/habitantes\*día]

**Nota:**  $PR$  debe ser mínimo 6 días [35].

### 2.2.6.2.5.3 Volúmenes del tanque séptico

#### 2.2.6.2.5.3.1 Volumen requerido para la sedimentación

$$Vrs = 10^{-3} * Pf * Qd_{fosa} * PR \quad \text{Ecuación (99)}$$

**Donde:**

$Vrs$  = Volumen requerido para la sedimentación [ $m^3$ ]

$PR$  = Periodo de retención hidráulica [días]

$Pf$  = Población servida [habitantes]

$Qd_{fosa}$  = Caudal de aporte unitario de aguas residuales [lt/habitantes\*día]

#### 2.2.6.2.5.3.2 Volumen de digestión y almacenamiento de lodos

$$Vd = G * 10^{-3} * Pf * N \quad \text{Ecuación (100)}$$

**Donde:**

$Vd$  = Volumen de digestión y almacenamiento de lodos [ $m^3$ ]

$G$  = Volumen de lodos producidos [lt/hab\*año]

$Pf$  = Población servida [habitantes]

$N$  = Intervalo deseado entre operaciones sucesivas de remoción de lodos [años]

**Nota:**  $N$  debe ser mínimo 1 año [36].

- **Volumen de lodos producidos (G)**

El valor de lodos que se producen por habitante\*año depende de dos parámetros: la temperatura ambiental y de la descarga de residuos de la cocina, teniendo así los valores referenciales en base a la guía para el diseño de tanques sépticos de la Organización Panamericana de la Salud (OPS):

**Tabla 50** Valor de lodos que se producen.

Clima	Volumen de lodos [lt/hab*año]
Cálido	40
Frío	50

**Fuente:** OPS/CEPIS, Guía para el diseño de Tanques Sépticos, Tanques Imhoff y Lagunas de estabilización [35].

A los valores de la Tabla 50 se debe incrementar 20 Lt/hab\*año cuando exista la posibilidad de que se incorpore a las descargas cantidades de grasas que amenacen el buen funcionamiento del sistema de evacuación. Para los cálculos de este proyecto se empleará el valor de 50 Lt/hab\*año, en función de las condiciones climáticas de la zona.

#### 2.2.6.2.5.3.3 *Volumen de natas [Vn]*

Se considera un valor mínimo de 0.7 m<sup>3</sup>.

#### 2.2.6.2.5.3.4 *Volumen neto del tanque séptico*

$$V_{ts} = V_n + V_d + V_{rs} \quad \text{Ecuación (101)}$$

**Donde:**

V<sub>ts</sub> =Volumen neto del tanque séptico [m<sup>3</sup>]

V<sub>n</sub> =Volumen de natas [m<sup>3</sup>]

V<sub>d</sub> =Volumen de digestión y almacenamiento de lodos [m<sup>3</sup>]

V<sub>rs</sub> = Volumen requerido para la sedimentación [m<sup>3</sup>]

#### 2.2.6.2.5.4 *Dimensiones del tanque séptico*

##### 2.2.6.2.5.4.1 *Área superficial del tanque séptico.*

$$A_s = \frac{V_{ts}}{h_{asum}} \quad \text{Ecuación (102)}$$

**Donde:**

$A_s$  = Área superficial del tanque séptico [ $m^2$ ]

$V_{ts}$  = Volumen neto del tanque séptico [ $m^3$ ]

$h_{asum}$  = Profundidad del tanque séptico asumida (Ver Tabla 14).

#### **2.2.6.2.5.4.2 Estimación de largo y ancho del tanque séptico**

La selección de las dimensiones se las hace en base a las recomendaciones de diseño indicadas en el literal 1.1.4.8.5.2.

$$A_s = L_{TS} * A_{TS} \quad \text{Ecuación (103)}$$

Condición de diseño:  $L_{TS} = 3 * A_{TS}$  Ecuación (104)

Entonces:  $A_s = 3 * A_{TS} * A_{TS} = 3 * A_{TS}^2$

$$A_{TS} = \sqrt{\frac{A_s}{3}} \quad \text{Ecuación (105)}$$

**Donde:**

$A_s$  = Área superficial del tanque séptico [ $m^2$ ]

$L_{TS}$  = Longitud o largo del tanque séptico [ $m^2$ ]

$A_{TS}$  = Ancho del tanque séptico [ $m^2$ ]

#### **2.2.6.2.5.5 Profundidades del tanque séptico**

##### **2.2.6.2.5.5.1 Profundidad máxima de espuma y natas sumergidas**

$$H_e = \frac{0.7}{A_s} \quad \text{Ecuación (106)}$$

**Donde:**

$H_e$  = Profundidad máxima de espuma sumergida [m]

$A_s$  = Área superficial del tanque séptico [ $m^2$ ]

##### **2.2.6.2.5.5.2 Profundidad libre de espuma sumergida [ $H_{es}$ ]**

El mínimo valor entre la superficie inferior de la capa de espuma y el nivel inferior de la Tee de salida o cortina deflectora del dispositivo de salida del tanque séptico se debe ser de 10 cm [35].

##### **2.2.6.2.5.5.3 Profundidad libre de lodo**

$$H_o = 0.82 - 0.26 * A_s \quad \text{Ecuación (107)}$$

**Donde:**

$H_o$  = Profundidad libre de lodo [m]

$A_s$  = Área superficial del tanque séptico [ $m^2$ ]



Nota: Ho debe ser mínimo 0.30 m [36].

#### ***2.2.6.2.5.5.4 Profundidad mínima requerida para la sedimentación***

$$H_s = \frac{V_{rs}}{A_s} \quad \text{Ecuación (108)}$$

**Donde:**

Hs = Profundidad mínima requerida para la sedimentación [m]

As = Área superficial del tanque séptico [m<sup>2</sup>]

Vrs = Volumen requerido para la sedimentación [m<sup>3</sup>]

#### ***2.2.6.2.5.5.5 Profundidad de espacio libre [Hl]***

Es el mayor valor entre:

- H<sub>es</sub> + H<sub>o</sub> ; profundidad del espacio libre mínimo total. Ecuación (109)
- H<sub>s</sub>

**Donde:**

Hs = Profundidad mínima requerida para la sedimentación [m]

Ho = Profundidad libre de lodo [m]

Hes = Profundidad libre de espuma sumergida [m]

#### ***2.2.6.2.5.5.6 Profundidad de digestión y almacenamiento de lodos***

$$H_d = \frac{V_d}{A_s} \quad \text{Ecuación (110)}$$

**Donde:**

Hd = Profundidad de digestión y almacenamiento de lodos [m]

Vd = Volumen de digestión y almacenamiento de lodos [m<sup>3</sup>]

As = Área superficial del tanque séptico [m<sup>2</sup>]

#### ***2.2.6.2.5.5.7 Profundidad efectiva del tanque séptico***

Corresponde a la sumatoria de:

$$H_{TS} = H_d + H_l + H_e \quad \text{Ecuación (111)}$$

**Donde:**

H<sub>TS</sub> = La profundidad total efectiva o neta del tanque séptico [m]

Hd = Profundidad de digestión y almacenamiento de lodos [m]

Hl = Profundidad de espacio libre [m]

He = Profundidad máxima de espuma sumergida [m]

Debe considerarse además la altura entre el nivel superior de natas y la superficie inferior de la losa  $H_{el}=0.30$  m

#### 2.2.6.2.5.6 *Volumen real del Tanque Séptico*

$$VR_{TS} = L_{TS} * A_{TS} * H_{TS} \quad \text{Ecuación (112)}$$

**Donde:**

$VR_{TS}$  = Volumen real del Tanque Séptico [ $m^3$ ]

$L_{TS}$  = Longitud o largo del tanque séptico [m]

$A_{TS}$  = Ancho del tanque séptico [m]

$H_{TS}$  = La profundidad total efectiva o neta del tanque séptico [m]

### 2.2.6.2.6 DISEÑO DEL FILTRO ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE

#### 2.2.6.2.6.1 *Tiempo de residencia hidráulica*

Es la media del tiempo que permanece el fluido dentro del filtro, para el pulimiento de efluentes de tanques sépticos y reactores anaerobios de flujo ascendente (RAFA) este valor se comprende de 4 a 10 horas [39], [48].

$$TRH = \text{Asumido}$$

**Donde:**

TRH = Tiempo de residencia hidráulica [Horas]

#### 2.2.6.2.6.2 *Volumen del filtro anaerobio de flujo ascendente*

$$V_{FAFA} = Qd * TRH \quad \text{Ecuación (113)}$$

**Donde:**

$V_{FAFA}$  = Volumen del filtro anaerobio de flujo ascendente [ $m^3$ ]

Qd = Caudal de diseño [ $m^3/día$ ]

TRH = Tiempo de residencia hidráulica [Días]

#### 2.2.6.2.6.3 *Altura total del filtro anaerobio de flujo ascendente*

La estimación de la altura se hace en base a las recomendaciones de la Tabla 18.

$$H_{FAFA} = H_{fondo} + H_{empaquetado} + H_{borde libre} \quad \text{Ecuación (114)}$$

**Donde :**

$H_{FAFA}$  = Altura total del filtro anaerobio de flujo ascendente [m]

$H_{\text{fondo}}$  = Altura del fondo [m]

$H_{\text{empaquete}}$  = Altura del empaque [m]

$H_{\text{borde libre}}$  = Altura del borde libre [m]

#### **2.2.6.2.6.4 Área del filtro anaerobio de flujo ascendente**

$$A_{\text{FAFA}} = \frac{V_{\text{FAFA}}}{H_{\text{FAFA}}} \quad \text{Ecuación (115)}$$

**Donde :**

$A_{\text{FAFA}}$  = Área del filtro anaerobio de flujo ascendente [m<sup>2</sup>]

$V_{\text{FAFA}}$  = Volumen del filtro anaerobio de flujo ascendente [m<sup>3</sup>]

$H_{\text{FAFA}}$  = Altura total del filtro anaerobio de flujo ascendente [m]

#### **2.2.6.2.6.5 Dimensión en planta del filtro anaerobio de flujo ascendente.**

Se considera un filtro de forma circular.

$$D_{\text{FAFA}} = \left( \frac{4 * A_{\text{FAFA}}}{\pi} \right)^{\frac{1}{2}} \quad \text{Ecuación (116)}$$

**Donde:**

$D_{\text{FAFA}}$  = Diámetro del filtro anaerobio de flujo ascendente.

$A_{\text{FAFA}}$  = Área del filtro anaerobio de flujo ascendente [m<sup>2</sup>]

#### **2.2.6.2.6.6 Volumen del medio filtrante**

$$V_{\text{mf}} = A_{\text{FAFA}} * H_{\text{empaquete}} \quad \text{Ecuación (117)}$$

**Donde :**

$V_{\text{mf}}$  = Volumen del medio filtrante [m<sup>3</sup>]

$A_{\text{FAFA}}$  = Área del filtro anaerobio de flujo ascendente [m<sup>2</sup>]

$H_{\text{empaquete}}$  = Altura del empaque [m]

#### **2.2.6.2.6.7 Verificación de la carga hidráulica superficial**

Es el valor del volumen del agua residual aplicado diariamente en cada unidad de superficie del medio empacado. Se debe verificar para el caudal medio, caudal máximo diario y caudal máximo horario manteniendo el resultado dentro de los límites recomendados según la Tabla 18. Además, se debe tomar en consideración que para el afinado de efluentes de tanques sépticos y de reactores anaerobios de flujo ascendente, las cargas hidráulicas utilizadas varían entre 6 y 15 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup> \*d) [39], [48].

$$CHS_{Qmd} = \frac{Qd}{A_{FAFA}} \quad \text{Ecuación (118)}$$

$$CHS_{QMD} = \frac{QMD}{A_{FAFA}} \quad \text{Ecuación (119)}$$

$$CHS_{QMH} = \frac{QMH}{A_{FAFA}} \quad \text{Ecuación (120)}$$

**Donde:**

$CHS_x$  = Carga hidráulica superficial [ $m^3/m^2 \cdot día$ ]

$Qd$  = Caudal de diseño [ $m^3/día$ ]

$QMD$  = Caudal máximo diario [ $m^3/día$ ]

$QMH$  = Caudal máximo horario [ $m^3/día$ ]

**2.2.6.2.6.8 Verificación de la carga orgánica volumétrica**

Hace relación a la carga orgánica aplicada por unidad de volumen del filtro o medio empacado, adicional debe verificarse que cumpla con la recomendaciones indicadas en la Tabla 18 y se calcula como:

$$COV = \frac{Qd * So}{V_{FAFA}} \quad \text{Ecuación (121)}$$

$$COV_{mf} = \frac{Qd * So}{V_{mf}} \quad \text{Ecuación (122)}$$

**Donde:**

$COV$  = Carga orgánica volumétrica [ kg de DBO  $m^3/d$ ]

$COV_{mf}$  = Carga orgánica volumétrica para el medio filtrante [kg de DBO  $m^3/d$ ]

$Qd$  = Caudal medio [  $m^3/d$ ]

$So$  = DBO del afluente [mg/L]

$V_{FAFA}$  Volumen del filtro [ $m^3$ ]

$V_{mf}$  = Volumen del medio filtrante [  $m^3$ ]

**2.2.6.2.6.9 Eficiencia de remoción del filtro anaerobio**

$$E = 100 * [1 - 0.87 * (TRH)^{-0.5}] \quad \text{Ecuación (123)}$$

**Donde:**

$E$  = Remoción del filtro anaerobio [%]

$TRH$  = Tiempo de residencia hidráulica [horas]

0.87 = Coeficiente empírico del sistema

-0.50 = Coeficiente empírico del medio filtrante

#### 2.2.6.2.6.10 Concentración de DBO esperada en el efluente

$$DBO_{ef} = S_o - \frac{E * S_o}{100} \quad \text{Ecuación (124)}$$

**Donde:**

$DBO_{ef}$  = Concentración de DBO esperada en el efluente [mg/L]

E = Remoción del filtro anaerobio [%]

$S_o$  = DBO del afluente [mg/L]

### 2.2.6.2.7 DISEÑO DEL FILTRO PERCOLADOR SIN RECIRCULACIÓN – MODELO BRUCE Y MERKENS

#### 2.2.6.2.7.1 Constante de tratabilidad

Para aguas residuales típicas se puede determinar mediante dos ecuaciones en función de la temperatura. El valor de la constante varía entre 0.06 y 0.152 m/día, con un valor característicos de 0.10 m/ día a 20°C.

$$KT_1 = 0.10 * (1.08)^{T-20} \quad \text{Ecuación (125)}$$

$$KT_2 = 0.037 * (1.08)^{T-15} \quad \text{Ecuación (126)}$$

**Donde:**

$KT_n$  = Constante de tratabilidad [m/día]

T = Temperatura del agua residual [°C]

#### 2.2.6.2.7.2 Volumen del filtro percolador

$$V_{FP} = \frac{Q_d * \ln\left(\frac{S_a}{S_e}\right)}{KT * S} \quad \text{Ecuación (127)}$$

**Donde:**

$V_{FP}$  = Volumen del filtro percolador [m<sup>3</sup>]

$Q_d$  = Caudal de diseño [m<sup>3</sup>/día]

$S_a$  = DBO del afluente [mg/l]

$S_e$  = DBO del efluente [mg/l]

S = Área superficial específica del medio filtrante [m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>] (Ver Tabla 16)

$KT_n$  = Constante de tratabilidad [m/día]

#### 2.2.6.2.7.3 Altura del filtro percolador

Se estima en función de los criterios de diseño de la Tabla 15.

$$H_{FP} = \text{asumido}$$

**Donde:**

$H_{FP}$  = Altura del filtro percolador [m]

#### ***2.2.6.2.7.4 Área del filtro percolador***

$$A_{FP} = \frac{V_{FP}}{H_{FP}} \quad \text{Ecuación (128)}$$

**Donde:**

$A_{FP}$  = Área del filtro percolador [m<sup>2</sup>]

$V_{FP}$  = Volumen del filtro percolador [m<sup>3</sup>]

$H_{FP}$  = Altura del filtro percolador [m]

#### ***2.2.6.2.7.5 Dimensión en planta del filtro percolador***

Se adopta un filtro de forma circular.

$$D_{FP} = \sqrt{\frac{4 * A_{FP}}{\pi}} \quad \text{Ecuación (129)}$$

**Donde:**

$D_{FP}$  = Diámetro del filtro percolador [m]

$A_{FP}$  = Área del filtro percolador [m<sup>2</sup>]

#### ***2.2.6.2.7.6 Carga hidráulica volumétrica del filtro percolador***

$$CHV_{FP} = \frac{Q_d}{V_{FP}} \quad \text{Ecuación (130)}$$

**Donde:**

$CHV_{FP}$  = Carga hidráulica volumétrica del filtro percolador [m<sup>3</sup>/ m<sup>3</sup>\*día]

$Q_d$  = Caudal de diseño [m<sup>3</sup>/día]

$V_{FP}$  = Volumen del filtro percolador [m<sup>3</sup>]

#### ***2.2.6.2.7.7 Carga hidráulica superficial del filtro percolador***

$$CHS_{FP} = \frac{Q_d}{A_{FP}} \quad \text{Ecuación (131)}$$

**Donde:**

$CHV_{FP}$  = Carga hidráulica superficial del filtro percolador [m<sup>3</sup>/ m<sup>2</sup>\*día]

$Q_d$  = Caudal de diseño [m<sup>3</sup>/día]

$A_{FP}$  = Área del filtro percolador [m<sup>2</sup>]

#### ***2.2.6.2.7.8 Carga orgánica del filtro percolador***

$$CO_{FP} = S_a * Q_d \quad \text{Ecuación (132)}$$

**Donde:**

$CO_{FP}$  = Carga orgánica del filtro percolador [kg/día]

$Q_d$  = Caudal de diseño [ $m^3$ /día]

$S_a$  = DBO del afluente [kg/  $m^3$ ]

#### **2.2.6.2.7.9 Carga orgánica volumétrica del filtro percolador**

$$COV_{FP} = \frac{CO_{FP}}{V_{FP}} \quad \text{Ecuación (133)}$$

**Donde:**

$COV_{FP}$  = Carga orgánica volumétrica del filtro percolador [kg/  $m^3$ \*día]

$CO_{FP}$  = Carga orgánica del filtro percolador [kg/día]

$V_{FP}$  = Volumen del filtro percolador [ $m^3$ ]

#### **2.2.6.2.7.10 Carga orgánica superficial del filtro percolador**

$$COS_{FP} = \frac{CO_{FP}}{A_{FP}} \quad \text{Ecuación (134)}$$

**Donde:**

$COV_{FP}$  = Carga orgánica volumétrica del filtro percolador [kg/  $m^2$ \*día]

$CO_{FP}$  = Carga orgánica del filtro percolador [kg/día]

$A_{FP}$  = Área del filtro percolador [ $m^2$ ]

### **2.2.6.2.8 DISEÑO DEL SEDIMENTADOR SECUNDARIO**

#### **2.2.6.2.8.1 Área superficial**

$$A_{SS} = \frac{Q_d}{CS_{SS}} \quad \text{Ecuación (135)}$$

**Donde:**

$A_{SS}$  = Área superficial del sedimentador [ $m^2$ ]

$Q_d$  = Caudal de diseño [ $m^3$ /hr]

$CS_{SS}$  = Carga superficial [ $m^3$ /  $m^2$ \*hr] (Ver Tabla 19)

#### **2.2.6.2.8.2 Dimensión en planta del sedimentador secundario**

Se adopta un sedimentador de forma circular.

$$D_{SS} = \sqrt{\frac{4 * A_{SS}}{\pi}} \quad \text{Ecuación (136)}$$

**Donde:**

$D_{SS}$  = Diámetro del sedimentador [m]

$A_{SS}$  = Área superficial del sedimentador [ $m^2$ ]

#### 2.2.6.2.8.3 Volumen del sedimentador secundario

$$V_{SS} = A_{SS} * H_{SS} \quad \text{Ecuación (137)}$$

**Donde:**

$V_{SS}$  = Volumen del sedimentador [ $m^3$ ]

$A_{SS}$  = Área superficial del sedimentador [ $m^2$ ]

$H_{SS}$  = Altura del sedimentador [m] (Ver Tabla 19)

#### 2.2.6.2.8.4 Flujo de sólidos

$$F_{SS} = Q_d * SS \quad \text{Ecuación (138)}$$

**Donde:**

$F_{SS}$  = Flujo de sólidos [kg/día]

$Q_d$  = Caudal de diseño [ $m^3$ /día]

$SS$  = Concentración de sólidos [kg/  $m^3$ ]

#### 2.2.6.2.8.5 Carga de sólidos

$$CS_{SS} = \frac{F_{SS}}{A_{SS}} \quad \text{Ecuación (139)}$$

**Donde:**

$CS_{SS}$  = Carga de sólidos [kg/ $m^2$  \*hr]

$F_{SS}$  = Flujo de sólidos [kg/hr]

$A_{SS}$  = Área superficial del sedimentador [ $m^2$ ]

#### 2.2.6.2.8.6 Carga sobre el vertedero

$$Cv_{SS} = \frac{Q_d}{\pi * D_{SS}} \quad \text{Ecuación (140)}$$

**Donde:**

$Cv_{SS}$  = Carga sobre el vertedero [lt/m\*seg]

$Q_d$  = Caudal de diseño [lt/seg]

$D_{SS}$  = Diámetro del sedimentador [m]

#### 2.2.6.2.8.7 Tiempo de retención

$$TR_{SS} = \frac{V_{SS}}{Q_d} \quad \text{Ecuación (141)}$$

**Donde:**

$TR_{SS}$  = Tiempo de retención [hr]

$Q_d$  = Caudal de diseño [ $m^3$ /hr]

$V_{SS}$  = Volumen del sedimentador [ $m^3$ ]



### 2.2.6.2.9 DISEÑO DEL HUMEDAL ARTIFICIAL SUBSUPERFICIAL DE FLUJO HORIZONTAL

- Diseño para para remoción de la demanda biológica de oxígeno ,DBO

#### 2.2.6.2.9.1 Constante de reacción de primer orden dependiente de la temperatura

$$K_T = K_{20} * 1.06^{T-20} \quad \text{Ecuación (142)}$$

**Donde:**

$K_T$  = Constante de reacción de primer orden [día<sup>-1</sup>]

$K_{T_{20}}$  = Constante de reacción de primer orden dependiente a 20° C [día<sup>-1</sup>]

T = Temperatura [° C]

#### 2.2.6.2.9.2 Área superficial

$$A_{sh} = \frac{Q_d * \ln\left(\frac{DBO}{DBO_e}\right)}{K_T * H_h * n} \quad \text{Ecuación (143)}$$

**Donde:**

$A_{sh}$  = Área superficial [m<sup>2</sup>]

$Q_d$  = Caudal de diseño [m<sup>3</sup>/día]

DBO = Demanda Bioquímica de Oxígeno de entrada [mg/lt]

DBO<sub>e</sub> = Demanda Bioquímica de Oxígeno de salida [mg/lt]

$K_T$  = Constante de reacción de primer orden [día<sup>-1</sup>]

$H_h$  = Altura del humedal [m]

n = Porosidad del medio (Ver Tabla 22)

#### 2.2.6.2.9.3 Ancho del Humedal

$$A_h = \frac{1}{H_h} * \left(\frac{Q_d * A_{sh}}{S * K_s}\right)^{0.5} \quad \text{Ecuación (144)}$$

**Donde:**

$A_h$  = Ancho del humedal [m]

$A_{sh}$  = Área superficial [m<sup>2</sup>]

$Q_d$  = Caudal de diseño [m<sup>3</sup>/día]

$H_h$  = Altura del humedal [m]

S = Pendiente [%]

$K_s$  = Conductividad hidráulica [m<sup>3</sup>/ m<sup>2</sup>\* día] (Ver Tabla 22)

#### 2.2.6.2.9.4 Largo del Humedal

$$L_h = \frac{A_{sh}}{A_h} \quad \text{Ecuación (145)}$$

**Donde:**

$L_h$  = Largo del humedal [m]

$A_h$  = Ancho del humedal [m]

$A_{sh}$  = Área superficial [m<sup>2</sup>]

#### 2.2.6.2.9.5 Relación largo/ancho

$$R = \frac{L_h}{A_h} \quad \text{Ecuación (146)}$$

La relación debe ser de al menos 1.

**Donde:**

R = Relación Largo/Ancho

$L_h$  = Largo del humedal [m]

$A_h$  = Ancho del humedal [m]

#### 2.2.6.2.9.6 Dimensiones en función de las relaciones

**Ancho del humedal**

$$B_h = \left( \frac{A_{sh}}{R} \right)^{0.5} \quad \text{Ecuación (147)}$$

**Largo del humedal**

$$L_h = R * B_h \quad \text{Ecuación (148)}$$

**Donde:**

$L_h$  = Largo del humedal [m]

$B_h$  = Ancho del humedal [m]

$A_{sh}$  = Área superficial [m<sup>2</sup>]

R = Relación Largo/Ancho

#### 2.2.6.2.9.7 Área real del Humedal

$$A_{rh} = B_h * L_h \quad \text{Ecuación (149)}$$

**Donde:**

$A_{rh}$  = Área superficial real del humedal [m<sup>2</sup>]

$L_h$  = Largo del humedal [m]

$B_h$  = Ancho del humedal [m]

#### 2.2.6.2.9.8 *Tiempo de residencia*

$$TRHh = \frac{Arh * Hh * n}{Qd} \quad \text{Ecuación (150)}$$

**Donde:**

TRHh = Tiempo de residencia hidráulica del humedal [día]

Arh = Área superficial real del humedal [m<sup>2</sup>]

Qd = Caudal de diseño [m<sup>3</sup>/día]

Hh = Altura del humedal [m]

n = Porosidad del medio (Ver Tabla 22)

#### 2.2.6.2.9.9 *Carga orgánica*

$$CO = \frac{Qd * DBO}{Arh} \quad \text{Ecuación (151)}$$

**Donde:**

CO = Carga orgánica [kg/m<sup>2</sup>\* día]

Arh = Área superficial real del humedal [m<sup>2</sup>]

Qd = Caudal de diseño [m<sup>3</sup>/día]

DBO = Demanda Bioquímica de Oxígeno de entrada [kg/m<sup>3</sup>]

#### 2.2.6.2.9.10 *Número de plantas*

$$Np = \frac{Arh}{Ap} \quad \text{Ecuación (152)}$$

**Donde:**

Np = Número de plantas a sembrar [Unidades]

Arh = Área superficial real del humedal [m<sup>2</sup>]

Arh = Área ocupada por cada planta [m<sup>2</sup>]

### 2.2.6.2.10 **DISEÑO DEL LECHO DE SECADO DE LODOS**

#### 2.2.6.2.10.1 *Contribución per cápita de sólidos en suspensión [CSS]*

Los criterios para determinar la contribución per cápita de sólidos en suspensión son:

- a) Cuando se cuenta con un sistema de alcantarillado, se define a partir de la caracterización de aguas residuales.
- b) Cuando no se cuenta con un sistema de alcantarillado, se utiliza una contribución per cápita promedio de 90 gr SS/Hab\*día.

- c) Cuando no se cuenta con mediciones se puede usar los valores establecidos en la norma RAS-2000, Sección II, Título E, misma que se indica en la Tabla 51.

**Tabla 51** Aportes per cápita para aguas residuales domésticas.

Parámetro	Intervalo	Valor sugerido
DBO 5 días, 20°C, gr/hab*día	25-80	50
Sólidos en suspensión, gr/hab*día	30-100	50
NH3-N como N, gr/hab*día	7.4-11	8.4
N Kjeldahl total como N, gr/hab*día	9.3-13.7	12.0
Coliformes totales, #/hab/día	2x10 <sup>8</sup> -2x10 <sup>11</sup>	2x10 <sup>11</sup>
Salmonella Sp., #/hab/día		1x10 <sup>11</sup>
Nematodos intestinales, #/hab/día		4x10 <sup>11</sup>

**Fuente:** RAS-2000, Sección II, Título E [29].

#### 2.2.6.2.10.2 Carga de sólidos que ingresan al sedimentador

**Carga de sólidos o carga contaminante para el criterio a.**

$$C = Q_d * SS \quad \text{Ecuación (153)}$$

**Carga de sólidos o carga contaminante para el criterio b y c.**

$$C = \frac{P_f * CSS}{1000} \quad \text{Ecuación (154)}$$

**Donde:**

C = Carga de sólidos que ingresan al sedimentador [ kg de SS/día]

Q<sub>d</sub> = Caudal de diseño de aguas residuales [ lt/día]

SS = Concentración de sólidos en suspensión en el agua residual cruda [ kg/lt]

P<sub>f</sub> = Población servida [habitantes]

CSS = Contribución per cápita de sólidos en suspensión [gr SS/Hab\*día] (Ver Tabla 51).

#### 2.2.6.2.10.3 Masa de sólidos que conforman los lodos

$$Msd = (0.5 * 0.7 * 0.5 * C) + (0.5 * 0.3 * C) \quad \text{Ecuación (155)}$$

**Donde:**

Msd = Masa de sólidos que conforman los lodos [ kg de SS/día]

C = Carga de sólidos que ingresan al sedimentador [ kg de SS/día]

#### 2.2.6.2.10.4 Volumen diario de lodos digeridos

$$Vld = \frac{Msd}{\rho_{lodo} * \left(\frac{\% \text{ de lodos}}{100}\right)} \quad \text{Ecuación (156)}$$

**Donde:**

Vld =Volumen diario de lodos digeridos [lt/día]

Msd =Masa de sólidos que conforman los lodos [ kg de SS/día]

$\rho_{\text{lodo}}$  =Desidad de los lodos [ 1.04 Kg/lt] (Ver Tabla 17)

% de lodos = % de sólidos contenidos en el lodo. Lodo primario [%] (Ver Tabla 17)

**2.2.6.2.10.5Tiempo requerido para digestión de lodos [Td]**

Está en función de la temperatura y toma los valores señalados en la Tabla 52.

**Tabla 52** Tiempo de digestión de lodos.

Temperatura [°C]	Tiempo de digestión [días]
5	110
10	76
15	55
20	40
>20	30

**Fuente:** OPS/CEPIS, Guía para el diseño de Tanques Sépticos, Tanques Imhoff y Lagunas de estabilización [35].

**2.2.6.2.10.6Volumen de lodos a extraerse del tanque**

$$\text{Vel} = \frac{\text{Vld} * \text{Td}}{1000} \quad \text{Ecuación (157)}$$

**Donde:**

Vld =Volumen diario de lodos digeridos [lt/día]

Vel =Volumen de lodos a extraerse del tanque [ m<sup>3</sup>]

Td =Tiempo de digestión [ días]. (Ver Tabla 52)

**2.2.6.2.10.7Área del lecho de secado**

$$\text{Ar}_{\text{LS}} = \frac{\text{Vel}}{\text{Ha}_{\text{LS}}} \quad \text{Ecuación (158)}$$

**Donde:**

$\text{Ar}_{\text{LS}}$  = Área del lecho de secado [m<sup>2</sup>]

Vel =Volumen de lodos a extraerse del tanque [ m<sup>3</sup>]

$\text{Ha}_{\text{LS}}$  = Profundidad de aplicación [m] (Ver Tabla 17)

**2.2.6.2.10.8Ancho del lecho de secado**

Se estima en base a las recomendaciones de la Norma Boliviana 688-01.

$$\text{A}_{\text{LS}} = \text{asumido (Ver Tabla 17)}$$

**Donde:**

$A_{LS}$  = Ancho del lecho de secado

#### ***2.2.6.2.10.9 Largo del lecho de secado***

$$L_{LS} = \frac{A_{rLS}}{A_{LS}} \quad \text{Ecuación (159)}$$

**Donde:**

$L_{LS}$  = Largo del lecho de secado [m<sup>2</sup>]

$A_{rLS}$  = Área del lecho de secado [m<sup>2</sup>]

$A_{LS}$  = Área del lecho de secado [m<sup>2</sup>]

### **2.2.7 FASE 4: TRABAJO TÉCNICO**

En esta fase final mediante el uso del software Civil 3D se elabora los planos de detalles del sistema de alcantarillado sanitario y la planta de tratamiento de aguas residuales.

#### **2.2.7.1 ETAPA 1: Planos del Sistema de alcantarillado**

- Plano topográfico con implantación del sistema de alcantarillado sanitario
- Plano de áreas de aportación para los tramos del sistema de alcantarillado sanitario.
- Plano de diseño hidráulico
- Plano de perfiles longitudinales de diseño hidráulico.

#### **2.2.7.2 ETAPA 2: Planos de la Planta de tratamiento de aguas residuales**

- Plano de implantación de la planta de tratamiento de aguas residuales.
- Plano de los componentes de la PTAR.

## CAPÍTULO III

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 Análisis y discusión de resultados

##### 3.1.1 FASE 1: PRELIMINAR

##### 3.1.1.1 ETAPA 1: Información general de la zona del proyecto

##### 3.1.1.1.1 Ubicación geográfica

El cantón Quero está ubicado al sur oeste de la provincia de Tungurahua y es uno de los nueve cantones que componen a la provincia. Cuenta con una extensión territorial de 179 km<sup>2</sup> dentro de la cual 123 hectáreas son de tipo urbano y 80 km<sup>2</sup> corresponden a la parte rural.

El cantón está estructurado por tres parroquias: La Matriz, que es la cabecera cantonal situada geográficamente a 78° 30' latitud sur y 1° 15' longitud oeste, a una altura media de 3.038 m.s.n.m y las parroquias rurales de Yanayacu y Rumipamba , además de estar integradas por comunidades jurídicas.



**Figura 22.** División Político-Administrativa del Cantón Quero

**Fuente:** PDYOT QUERO [51]

La zona correspondiente a la comunidad beneficiada, El Santuario, se encuentra dentro de la parroquia Matriz del cantón Quero aproximadamente a 10 Km de la

cabecera cantonal y geográficamente a 9840084,00 Latitud Sur y 772143,00 Longitud Oeste, sobre los 3520 m.s.n.m.



**Figura 23.** Comunidad El Santuario del cantón Quero

**Fuente:** El Autor

#### **3.1.1.1.2 Calidad del aire.**

Las industrias en la comunidad El Santuario, no están presentes, lo que ha permitido una atmosfera libre de concentraciones de sustancias en el aire como: polvo, gases, olores y humo que generen problemas en los habitantes, animales y plantas.

#### **3.1.1.1.3 Suelo**

El suelo tiene un uso predominantemente agrícola se cultivan productos de ciclo corto, como es la papa, zanahoria, arveja, maíz, etc., los mismos que son comercializados principalmente en los días de feria en el cantón Quero.

#### **3.1.1.1.4 Clima**

La temperatura que se presenta varia de 4 °C a 20 °C con una media anual de 12 °C.

#### **3.1.1.1.5 Flora y Fauna**

La flora predominante corresponde a los pequeños pastizales, en las zonas altas los líquenes y cultivos como: la papa, habas, cebolla blanca, cebolla paiteña, maíz, etc. Respecto a la fauna se tiene al sector pecuario con ganado bovino y animales menores.



### 3.1.1.1.6 Población

Según el INEC, en su último censo de población y vivienda realizado en el 2010, el cantón Quero contaba con una población de 19 205 habitantes, distribuidos en la parroquia urbana de Quero con el 13.9% y es en la cual se encuentra la comunidad de El Santuario, y las parroquias rurales de Rumipamba y Yanayacu con 86.1% [52], [53]. Es preciso entonces que hasta la actualidad dichos valores se hayan incrementado aún más, convirtiéndose así en un factor importante considerarse en la deficiencia que presenta el sistema de alcantarillado. La población específica de la comunidad el Santuario debe determinar por alguna herramienta de medición poblacional.

### 3.1.1.1.7 Aspectos socioeconómicos

Las actividades económicas de los pobladores de la comunidad de El Santuario son, principalmente la agricultura y la ganadería en pequeña escala, se cultivan productos como: la papa, cebolla blanca, cebolla paiteña, maíz, zanahoria, etc., los mismos que son comercializados en una feria menor en el parque central y mayormente en la cabecera cantonal y otras ciudades como Ambato y Riobamba.

### 3.1.1.1.8 Religión

En el aspecto religioso existe solamente una iglesia católica, ya que la mayoría de los habitantes del sector profesan esta creencia, es muy antigua la devoción a la Virgen del Rosario del Monte, venerada antiguamente en una Ermita del Cerro Mulmul junto al arroyo de agua amarilla.

### 3.1.1.1.9 Servicios básicos

#### 3.1.1.1.9.1 Salud

En sector se asentaba un Puesto de Salud, actualmente ya no está en funcionamiento. En la tabla se desglosa el personal que operaba en la unidad.

**Tabla 53** Personal de Salud del Puesto de Salud El Santuario.

Personal	N° de personal	Horario
Médico	1	Lunes a Sábado de 8:00 a.m. a 16:30 p.m.
Enfermera	1	
Obstetra	1	

**Fuente:** Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Quero, 2015

#### **3.1.1.1.9.2 Educación**

En el aspecto educativo, no opera en la localidad, no obstante, en años anteriores funcionaba la escuela fiscal mixta “Machinaza” con 76 alumnos, de los cuales 30 hombres y 46 mujeres, así mismo se contaba con el jardín de infantes “Estrellitas del Saber”. Los docentes que se encargan de esta unidad educativa eran tres. Cabe indicar que los niños reciben el desayuno escolar.

La educación a nivel medio y superior de los jóvenes se desarrollan en la Unidad Educativa “17 de Abril” del cantón Quero y otros en colegios a distancia del cantón y de la ciudad de Ambato

#### **3.1.1.1.9.3 Vialidad**

El acceso principal a la comunidad de El Santuario es por una vía de primer orden , carpeta asfáltica, y caminos vecinales de segundo orden y de tercer orden en regular estado. Las cooperativas de transporte San Lucas y Santiago de Quero, prestan servicio a la comunidad en varios turnos diarios respectivamente. Es también una de las comunidades de mejor distribución territorial ya que la mayoría de sus calles son plenamente definidas.

#### **3.1.1.1.9.4 Energía eléctrica**

La comunidad cuenta con el servicio con una cobertura del 94.96%.

#### **3.1.1.1.9.5 Servicio telefónico e Internet**

No dispone de telefonía fija y el servicio de telefonía móvil es de baja cobertura, el de mayor aceptación es la línea Claro. Respecto al acceso a internet se lo hace principalmente por vía satelital.

#### **3.1.1.1.9.6 Abastecimiento de agua**

La zona no cuenta con fuentes naturales de agua, sin embargo, la Junta Administradora de Agua gestiona el sistema de abastecimiento de agua entubada que conduce desde el cerro Igualata y reparte a 11 comunidades incluida la comunidad de El Santuario, con ello se cubre el 91.3 % de las necesidades de consumo doméstico y abrevadero de animales. El regadío de los cultivos es satisfecho por la humedad natural del ambiente.

### **3.1.1.1.9.7 Alcantarillado**

Hacia el año 2006, se diseñó y construyó un sistema de alcantarillado sanitario con su respectiva planta de tratamiento para satisfacer las necesidades poblacionales, pero que con el paso del tiempo a resultado deficiente para solventar un buen estilo de vida del sector por diversos factores entre ellos el creciente aumento poblacional.

## **3.1.1.2 ETAPA 2: Investigación de campo**

### **3.1.1.2.1 Levantamiento topográfico**

Los resultados del levantamiento topográfico, llevado a cabo el 19 y 20 de Febrero del 2022, con los cuales se asientan las bases para el desarrollo de este proyecto se indica en el Anexo N° 5. Consta de un banco de datos de coordenadas que contienen la información geográfica de la zona del proyecto.

### **3.1.1.2.2 Recolección de Información Técnica del Sistema Sanitario**

#### **3.1.1.2.2.1 Información Técnica del Sistema de Alcantarillado**

La recolección de la información en campo de la infraestructura existente del sistema de alcantarillado sanitario se realizó con el apoyo de la Junta Administradora de Agua Potable presidida por el Sr. Muler Rosero, y de los habitantes de la comunidad El Santuario empleando la metodología descrita en el literal 2.2.5.1.

Con los datos obtenidos se elaboró una matriz donde se resumen las características físicas e hidráulicas de los pozos de revisión, así como la información necesaria de las tuberías que en dichos puntos se encuentran, como: diámetros de tubería, material, alturas de entrada y salida, todo esto necesario para la posterior evaluación hidráulica.



**Figura 24.** Pozo de revisión destapado.

**Fuente:** El Autor



(a)



(b)



(c)



(d)

**Figura 25.** Revisión de pozos. (a), (b) Destape de pozo con barras, (c), (d) Exterior e interior de pozo.

**Fuente:** El Autor

**Tabla 54** Resumen de Levantamiento de Información del Sistema de Alcantarillado Sanitario.

N POZO	NOMENCLATURA	COORDENADAS			CARACTERÍSTICAS DEL POZO											TUBERÍAS DE ENTRADA Y SALIDA DEL POZO					Observaciones
		X (Este)	Y(Norte)	Elevación	Tapa			Escalera		Paredes		Fondo		Forma	Tramo	Tipo de tubería	Entrada / Salida	Diámetro [mm]	Altura [m]		
					Material	Estado	Diámetro [m]	Material	Estado	Material	Estado	Material	Estado							Diámetro [m]	
1*	A1	771921.0271	9839791.611	3534.102	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	A1-A2	HS	Salida	200		No Encontrado - Tapado con la capa de empedrado
2	A2	771649.8192	9839775.754	3523.204	HA	B	0.6	HF	R	MX	B	H	R	1.5	Circular	A1-A2	HS	Entrada	200	1.25	Fondo lleno de tierra
																A2-A3	HS	Salida	200	1.25	
3	A3	771614.8012	9839774.494	3521.135	HA	B	0.6	HF	R	MX	B	H	R	1.5	Circular	A2-A3	HS	Entrada	200	1.15	NO Revisado por exceso de presión en la tapa
																A3-A4	HS	Salida	200	1.15	
4	A4	771585.1072	9839763.885	3516.851	HA	B	0.6	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	A3-A4	HS	Entrada	200	-	NO Revisado por exceso de presión en la tapa
																AB1-A4	HS	Entrada	200	-	
																A4-A5	HS	Salida	200	-	
5*	A5	771529.158	9839746.444	3513.789	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	A4-A5	HS	Entrada	200		NO Encontrado - Tapado con la capa de empedrado
																AB2-A5	HS	Entrada	200		
																A5-A6	HS	Salida	200		
6*	A6	771451.435	9839720.787	3513.369	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	A5-A6	HS	Entrada	200		NO Encontrado- Tapado con la capa asfáltica
																AB4-A6	HS	Entrada	200		
																A6-A7	HS	Salida	200		
7	A7	771383.2523	9839696.501	3512.965	HA	R	0.6	HF	R	MX	B	H	R	1.5	Circular	A6-A7	HS	Entrada	200	2.20	NO Encontrado- Tapado con la capa asfáltica
																A7-A8	HS	Salida	200	2.20	
8	A8	771319.8196	9839676.936	3514.201	HA	B	0.6	HF	R	MX	B	H	R	1.5	Circular	A7-A8	HS	Entrada	200	4.00	NO Encontrado- Tapado con la capa asfáltica
																AB5-A8	HS	Entrada	200	2.10	
																A8-A9	HS	Salida	200	4.00	
9*	A9	771288.015	9839653.322	3515.04	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	A8-A9	HS	Entrada	200		NO Encontrado- Tapado con la capa asfáltica
																A9-A10	HS	Salida	200		
10*	A10	771270.942	9839614.771	3514.527	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	A9-A10	HS	Entrada	200		NO Encontrado- Tapado con la capa asfáltica
																AB6-A10	HS	Entrada	200		
																A10-A11	HS	Salida	200		
11*	A11	771250.5904	9839566.093	3512.488	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	A10-A11	HS	Entrada	200		NO Encontrado- Tapado con la capa asfáltica
																A11-A12	HS	Salida	200		
12*	A12	771225.355	9839496.523	3509.125	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	A11-A12	HS	Entrada	200		NO Encontrado- Tapado con la capa asfáltica
																A12-A13	HS	Salida	200		
13*	A13	771198.07	9839458.609	3508.984	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	A12-A13	HS	Entrada	200		NO Encontrado- Tapado con la capa asfáltica
																B7-A13	HS	Entrada	200		
																A13-A14	HS	Salida	200		
14*	A14	771172.1907	9839420.001	3510.016	HA	M	0.6	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	A13-A14	HS	Entrada	200		NO Revisado para no afectar la integridad de la tapa-Tapa Fracturada
																A14-A15	HS	Salida	200		
15	A15	771141.5126	9839329.081	3510.243	HA	M	0.6	HF	R	MX	B	H	R	1.5	Circular	A14-A15	HS	Entrada	200	3.75	NO Encontrado- Tapado con la capa de TIERRA
																D7-A15	HS	Entrada	200	3.75	
																A15-PTAR	HS	Salida	200	3.75	
16*	B1	771646.57	9839614.362	3524.315	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	B1-B2	HS	Salida	200		NO Encontrado- Tapado con la capa de TIERRA
																B1-AB1	HS	Salida	200		
17	B2	771579.8697	9839593.368	3522.503	HA	R	0.6	HF	R	MX	B	H	R	1.5	Circular	B1-B2	HS	Entrada	200	1.47	NO Encontrado- Tapado con la capa de TIERRA
																B2-AB3	HS	Salida	200	1.25	
																B2-B3	HS	Salida	200	1.47	
18	B3	771502.414	9839563.058	3517.056	HA	R	0.6	HF	R	MX	B	H	R	1.5	Circular	B2-B3	HS	Entrada	200	2.00	NO Encontrado- Tapado con la capa de TIERRA
																B3-AB4	HS	Salida	200	2.00	
																B3-B4	HS	Entrada	200	2.00	
19	B4	771434.1911	9839539.616	3521.049	HA	R	0.6	HF	R	MX	B	H	R	1.5	Circular	B4-B3	HS	Salida	200	1.20	NO Encontrado- Tapado con la capa de TIERRA
																BC1-B4	HS	Entrada	200	1.70	
																B4-B5	HS	Salida	200	1.70	
20	B5	771371.7832	9839517.864	3518.082	HA	R	0.6	HF	R	MX	B	H	R	1.5	Circular	B4-B5	HS	Entrada	200	1.51	NO Encontrado- Tapado con la capa de TIERRA
																BC2-B5	HS	Entrada	200	1.51	
																B5-B6	HS	Salida	200	1.51	
																B5-AB5	HS	Salida	200	1.20	
21*	B6	771308.748	9839494.942	3516.549	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	B5-B6	HS	Entrada	200		NO Encontrado- Tapado con la capa asfáltica
																C6-B6	HS	Entrada	200		
																B6-AB6	HS	Salida	200		
																B6-B7	HS	Salida	200		

\*Datos de Pozos de revisión aproximados o promediados por imposibilidad de revisión.

**Fuente:** El Autor

**Tabla 54** Resumen de Levantamiento de Información del Sistema de Alcantarillado Sanitario(Continuación).

N POZO	NOMENCLATURA	COORDENADAS			CARACTERÍSTICAS DEL POZO										TUBERÍAS DE ENTRADA Y SALIDA DEL POZO					Observaciones	
		X (Este)	Y(Norte)	Elevación	Tapa		Escalera		Paredes		Fondo		Forma	Tramo	Tipo de tubería	Entrada / Salida	Diámetro [mm]	Altura [m]			
					Material	Estado	Material	Estado	Material	Estado	Material	Estado							Diámetro [m]		
22	B7	771262.0974	9839474.885	3511.936	HA	R	0.6	HF	R	MX	B	H	R	1.5	Circular	B6-B7	HS	Entrada	200	1.69	
																B7-A13	HS	Salida	200	1.69	
23	C1	771524.0111	9839486.991	3536.995	HA	B	0.6	HF	R	MX	B	H	R	1.5	Circular	C1-C2	HS	Salida	200	1.70	
																D1-C1	HS	Entrada	200	1.70	
24	C2	771463.284	9839466.122	3532.94	HA	R	0.6	HF	R	MX	B	H	R	1.5	Circular	C1-C2	HS	Entrada	200	1.54	
																D2-C2	HS	Entrada	200	1.54	
																C2-BC1	HS	Salida	200	1.49	
																C2-C3	HS	Salida	200	1.54	
25	C3	771421.7776	9839452.511	3531.696	HA	R	0.6	HF	R	MX	B	H	R	1.5	Circular	C2-C3	HS	Entrada	200	1.65	
																C3-C4	HS	Salida	200	1.95	
																C3-C4	HS	Entrada	200	1.30	
26	C4	771394.966	9839443.456	3528.704	HA	R	0.6	HF	R	MX	B	H	R	1.5	Circular	C4-BC2	HS	Salida	200	1.20	
																C4-C5	HS	Salida	200	1.30	
																C4-CD1	HS	Salida	200	1.25	
27	C5	771360.8564	9839432.58	3526.974	HA	R	0.6	HF	R	MX	B	H	R	1.5	Circular	C4-C5	HS	Entrada	200	1.35	
																C5-C6	HS	Salida	200	1.35	
																C5-C6	HS	Entrada	200	1.50	
28	C6	771328.7374	9839421.77	3522.832	HA	R	0.6	HF	R	MX	B	H	R	1.5	Circular	D4-C6	HS	Entrada	200	1.40	
																C6-B6	HS	Salida	200	1.54	
29*	D1	771545.759	9839423.258	3539.861	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	D1-D2	HS	Salida	200	-	NO Encontrado- Tapado con la capa de TIERRA
																D1-C1	HS	Salida	200	-	
30	D2	771489.9533	9839403.779	3534.759	HA	R	0.6	HF	R	MX	B	H	R	1.5	Circular	D1-D2	HS	Entrada	200	1.20	
																D2-D3	HS	Salida	200	2.20	
																D2-DE1	HS	Salida	200	1.20	
																D2-C2	HS	Salida	200	1.20	
31	D3	771424.5824	9839372.679	3526.827	HA	R	0.6	HF	R	MX	B	H	R	1.5	Circular	D2-D3	HS	Entrada	200	2.05	
																CD1-D3	HS	Entrada	200	2.00	
																E2-D3	HS	Entrada	200	2.05	
																D3-D4	HS	Salida	200	2.05	
32	D4	771360.5566	9839344.304	3524.098	HA	R	0.6	HF	R	MX	B	H	R	1.5	Circular	D3-D4	HS	Entrada	200	1.70	
																D4-D5	HS	Salida	200	1.70	
																D4-C6	HS	Salida	200	1.33	
33	D5	771273.7073	9839311.187	3522.044	HA	R	0.6	HF	R	MX	B	H	R	1.5	Circular	D4-D5	HS	Entrada	200	1.70	
																D5-D6	HS	Salida	200	1.70	
34	D6	771226.1804	9839322.109	3519.82	HA	R	0.6	HF	R	MX	B	H	R	1.5	Circular	D5-D6	HS	Entrada	200	1.40	
																D6-D7	HS	Salida	200	1.40	
35	D7	771166.47	9839332.741	3512.528	HA	R	0.6	HF	R	MX	B	H	R	1.5	Circular	D6-D7	HS	Entrada	200	1.55	
																D7-A15	HS	Salida	200	1.55	
36*	E1	771515.6058	9839336.578	3529.888	HF	R	0.6	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	E1-E2	HS	Salida	200	1.20	NO Revisado por tapa oxidada
																DE1-E1	HS	Entrada	200	1.20	
37*	E2	771445.311	9839311.507	3527.988	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	E1-E2	HS	Entrada	200	-	NO Encontrado- Tapado con la capa asfáltica
																E2-D3	HS	Salida	200	-	
38	AB1	771603.829	9839703.665	3522.377	HA	R	0.6	HF	R	MX	B	H	R	1.5	Circular	B1-AB1	HS	Entrada	200	1.84	
																AB1-A4	HS	Salida	200	1.84	
39	AB2	771541.1698	9839703.418	3518.55	HA	R	0.6	HF	R	MX	B	H	R	1.5	Circular	AB3-AB2	HS	Entrada	200	1.97	
																AB2-A5	HS	Salida	200	1.97	
40	AB3	771549.529	9839672.774	3520.769	HA	R	0.6	HF	R	MX	B	H	R	1.5	Circular	B2-AB3	HS	Entrada	200	1.92	
																AB3-AB2	HS	Salida	200	1.92	
41	AB4	771481.6157	9839641.118	3515.307	HA	R	0.6	HF	R	MX	B	H	R	1.5	Circular	B3-AB4	HS	Entrada	200	2.05	
																AB4-A6	HS	Salida	200	2.05	
																B5-AB5	HS	Entrada	200	1.84	
42	AB5	771334.8473	9839607.354	3516.323	HA	R	0.6	HF	R	MX	B	H	R	1.5	Circular	AB5-AB6	HS	Salida	200	1.74	
																AB5-A8	HS	Salida	200	2.10	
																AB5-AB6	HS	Entrada	200	-	
43*	AB6	771281.85	9839585.452	3514.74	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	B6-AB6	HS	Entrada	200	-	NO Encontrado- Tapado con la capa asfáltica
																AB6-A10	HS	Salida	200	-	
44	BC1	771447.764	9839503.839	3526.53	HA	R	0.6	HF	R	MX	B	H	R	1.5	Circular	C2-BC1	HS	Entrada	200	1.60	
																BC1-B4	HS	Salida	200	1.60	
45*	BC2	771385.118	9839483.819	3523.553	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	C4-BC2	HS	Entrada	200	-	NO Encontrado- Tapado con la capa asfáltica
																BC2-B5	HS	Salida	200	-	
																C4-CD1	HS	Entrada	200	1.52	
46	CD1	771399.4097	9839433.319	3528.731	HA	M	0.6	HF	R	MX	B	H	R	1.5	Circular	CD1-D3	HS	Salida	200	1.52	
																DE1-E1	HS	Salida	200	0.62	NO Revisado por tapa oxidada
47*	DE1	771492.0543	9839390.821	3532.585	HF	R	0.6	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	D2-DE1	HS	Entrada	200	0.62	

\*Datos de Pozos de revisión aproximados o promediados por imposibilidad de revisión.

Fuente: El Autor

### 3.1.1.2.2.2 Información Técnica de la PTAR

#### 3.1.1.2.2.2.1 Dimensiones actuales de las unidades de tratamiento de la PTAR

Para el análisis de las unidades de tratamiento de la PTAR se tomó en cuenta sus dimensiones geométricas reales para con ellos verificar el estado actual en el que se encuentran. Para la recopilación de esta información se realizó un recorrido por las instalaciones estableciendo sus ubicaciones, posición de sus componentes y posteriormente la medición.

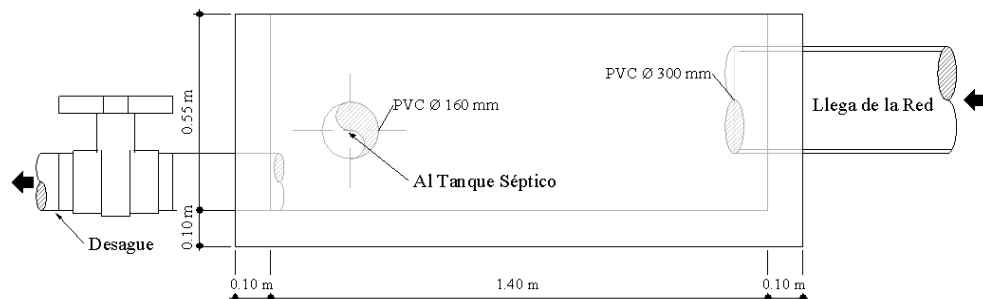
##### 3.1.1.2.2.2.1.1 Caja de entrada

Es una estructura de hormigón simple, posee una tubería de ingreso del caudal del alcantarillado sanitario de 300 mm de diámetro. Cuenta con una tubería de salida en la parte posterior de 160 mm de diámetro para labores de mantenimiento y una tubería de salida lateral que dirige el flujo al tanque séptico. La tapa de la caja es de hormigón armado con agarraderas de hierro corrugado.

**Tabla 55** Dimensiones actuales de la caja de entrada

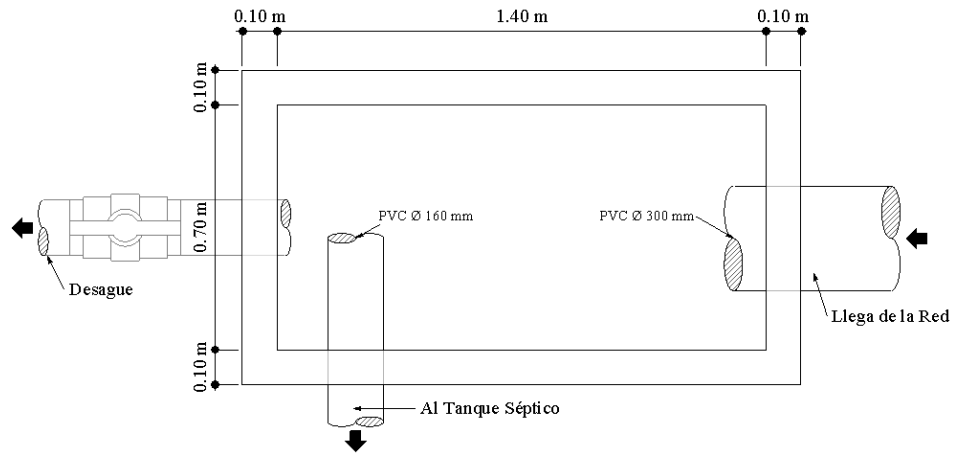
Parámetro	Valor	Unidad
Largo	1.40	m
Ancho	0.70	m
Altura	0.55	m
Espesor de paredes	10	cm

**Fuente:** El Autor



**Figura 26.** Vista Lateral-Caja de Entrada

**Fuente:** El Autor



**Figura 27.** Vista en Planta-Caja de Entrada

**Fuente:** El Autor

### 3.1.1.2.2.1.2 Tanque séptico

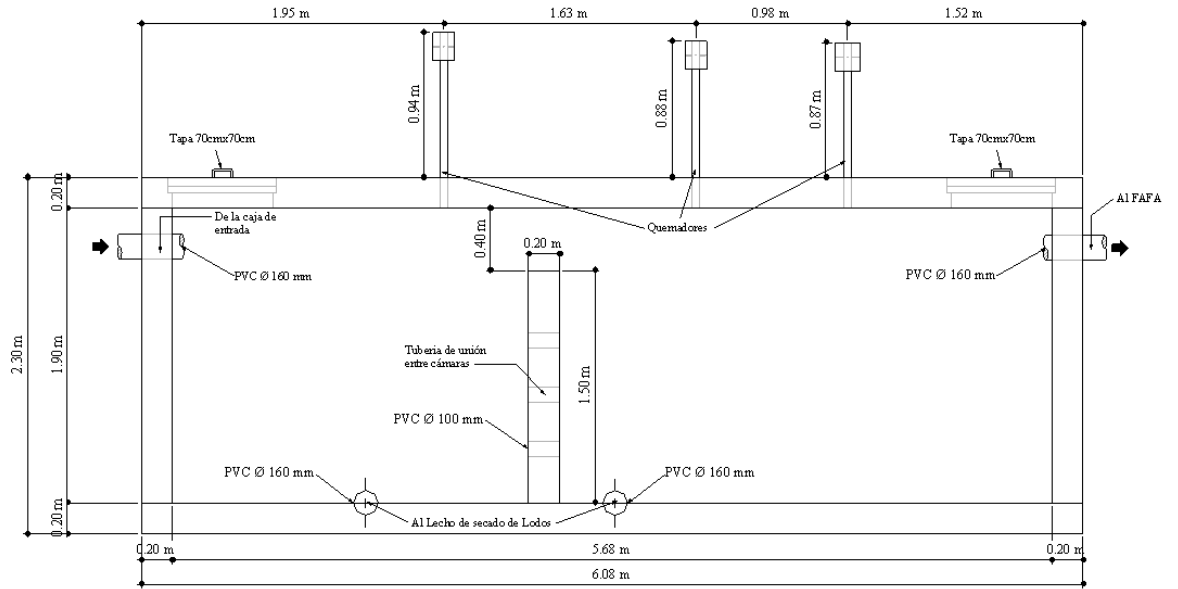
Es una estructura de hormigón armado compuesta de dos cámaras, la primera cámara con un respirador y la segunda cámara con dos respiradores para la aireación. La tubería de ingreso es de 160 mm de diámetro y la de salida de 160 mm de diámetro. Para la cosecha y conducción de los lodos al lecho de secado cuenta con dos tuberías de 160 mm con sus respectivas válvulas y cajas de revisión .

**Tabla 56** Dimensiones actuales del tanque séptico.

Parámetro	Valor	Unidad
Largo	6.08	m
Ancho	2.54	m
Altura	2.10	m
Borde libre	0.40	m
Espesor de paredes	20	cm

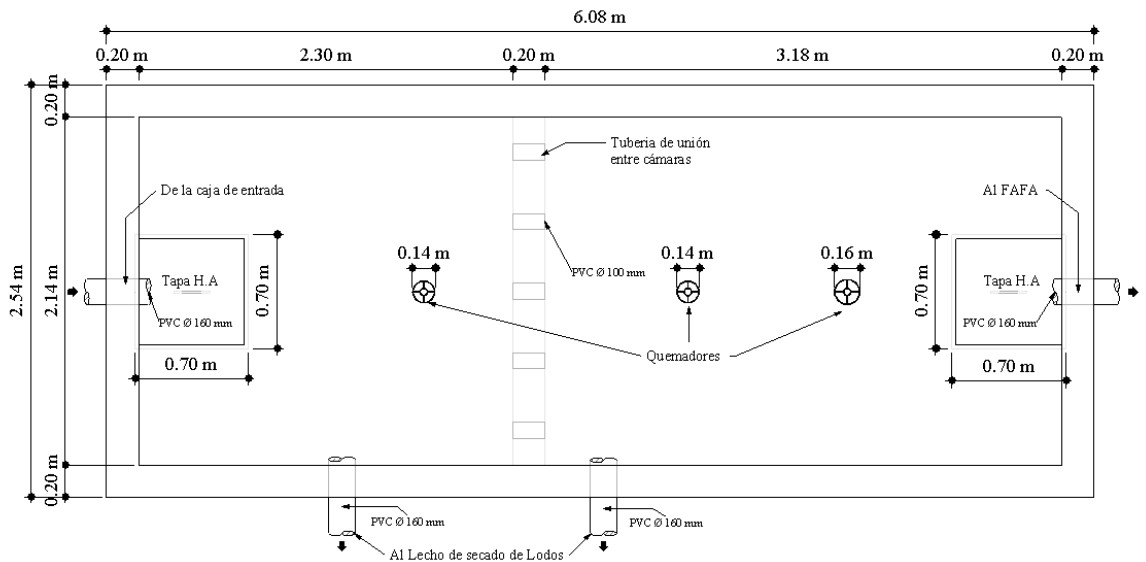
**Fuente:** El Autor





**Figura 28.** Vista Lateral-Tanque Séptico

**Fuente:** El Autor



**Figura 29.** Vista en Planta-Tanque Séptico

**Fuente:** El Autor

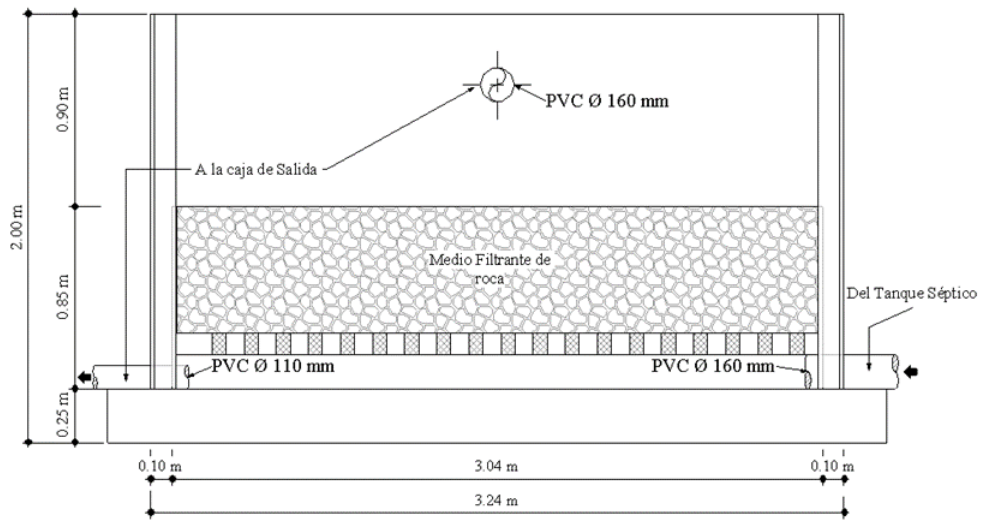
### 3.1.1.2.2.1.3 Filtro anaerobio de flujo ascendente

Es una estructura circular de hormigón armado con una tubería de ingreso del agua proveniente del tanque séptico de 160 mm de diámetro y dos tuberías de salida, una superior de 160 mm y una inferior de 160 mm, ambas con dirección a la caja de salida. Tienen un medio filtrante en piedras de 10 a 15 cm.

**Tabla 57** Dimensiones actuales del FAFA.

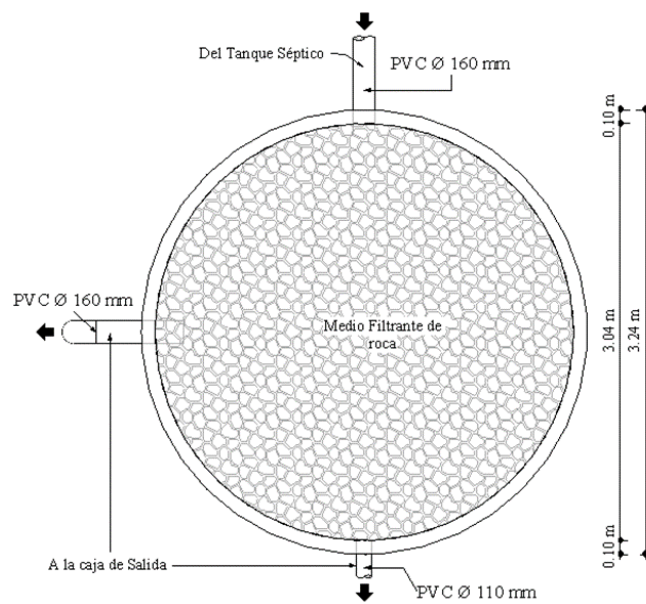
Parámetro	Valor	Unidad
Diámetro	3.04	m
Altura	1.75	m
Borde libre	0.9	m
Espesor de paredes	10	cm

**Fuente:** El Autor



**Figura 30.** Vista lateral-FAFA

**Fuente:** El Autor



**Figura 31.** Vista en Planta-FAFA

**Fuente:** El Autor

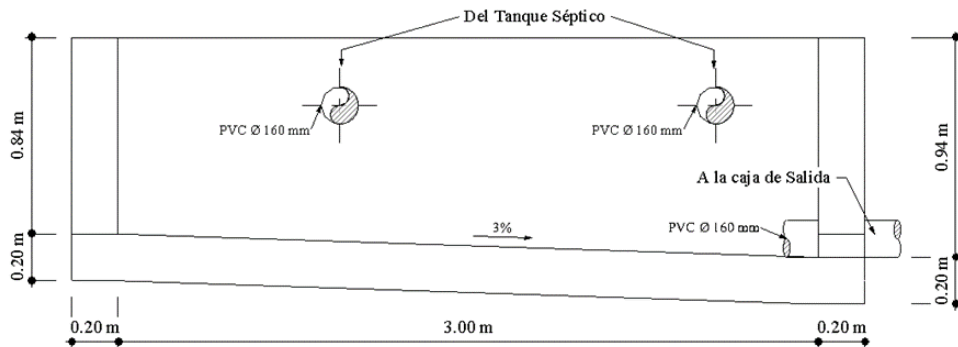
### 3.1.1.2.2.1.4 Lecho de secado de lodos

Estructura de hormigón armado que recibe el lodo del tanque séptico por medio de dos tuberías de 160 mm de diámetro y una tubería de salida para el agua filtrada producto de la deshidratación de los lodos de 160 mm.

**Tabla 58** Dimensiones actuales del lecho de secado de lodos

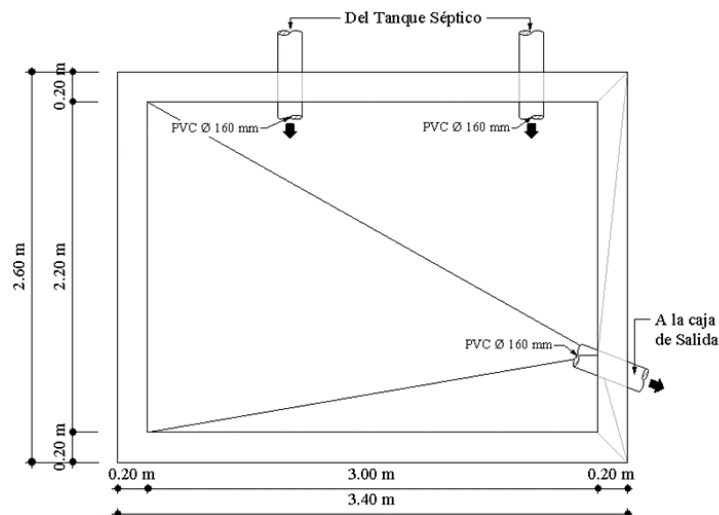
Parámetro	Valor	Unidad
Largo	3.00	m
Ancho	2.20	m
Altura	Variable	m
Espesor de paredes	20	cm

**Fuente:** El Autor



**Figura 32.** Vista en lateral - Lecho de secado de lodos

**Fuente:** El Autor



**Figura 33.** Vista en Planta- Lecho de secado de lodos

**Fuente:** El Autor

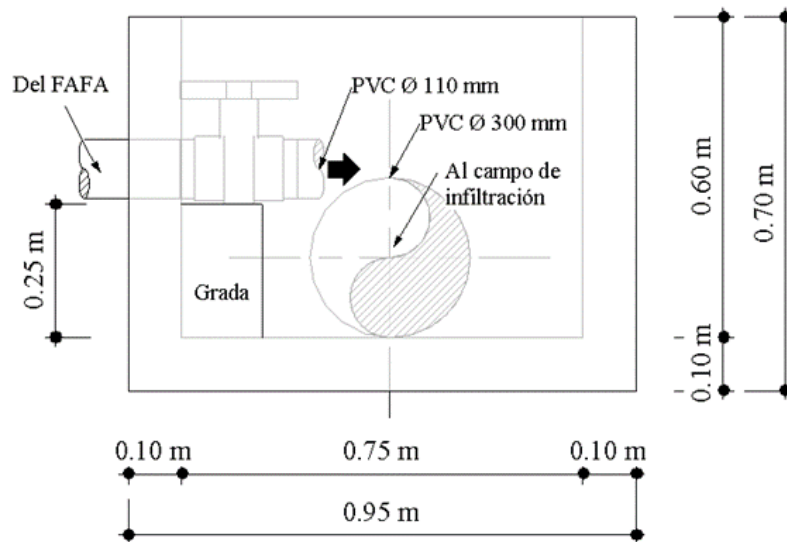
### 3.1.1.2.2.1.5 Caja de salida

Es una estructura de hormigón simple, posee tres tubería de ingreso: la primera proveniente del lecho de secado de lodos de 160 mm de diámetro, la segunda proveniente de la parte superior del FAFA de 160 mm y la tercera de 160 mm correspondiente a la parte inferior del FAFA. La tubería de salida es de 300 mm de diámetro que conduce el agua al campo de infiltración. La tapa de la caja es de hormigón armado con agarraderas de hierro corrugado.

**Tabla 59** Dimensiones actuales de la caja de salida

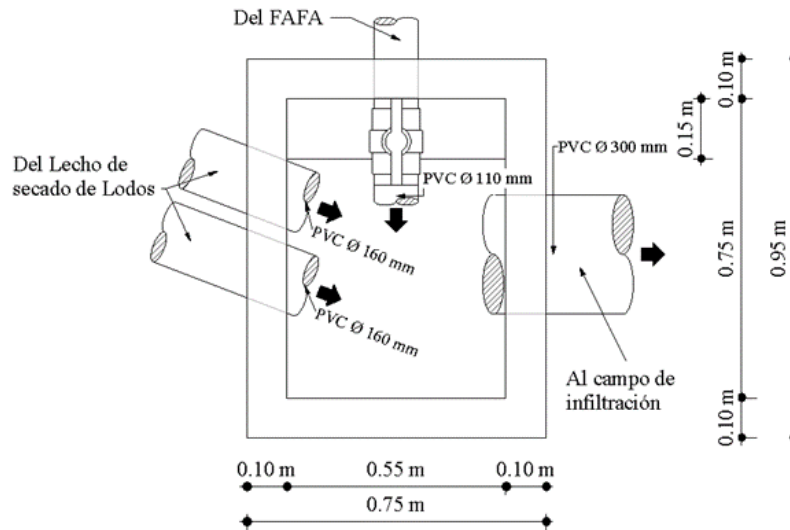
Parámetro	Valor	Unidad
Largo	0.75	m
Ancho	0.55	m
Altura	0.60	m
Espesor de paredes	10	cm

**Fuente:** El Autor



**Figura 34.** Vista en lateral – Caja de salida

**Fuente:** El Autor



**Figura 35.** Vista en Planta- Caja de salida

**Fuente:** El Autor

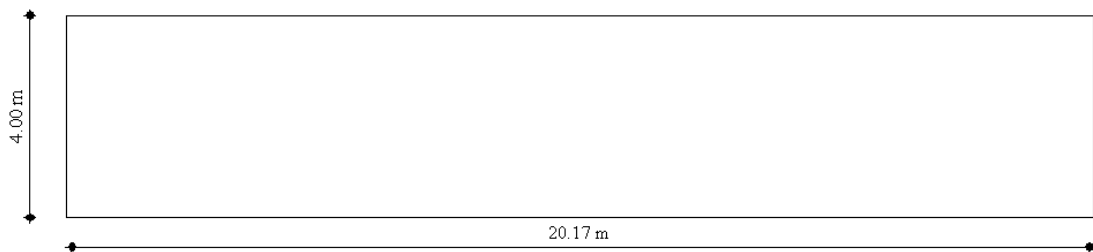
### 3.1.1.2.2.1.6 Campo de infiltración

Es una excavación de tierra con un cerramiento de hormigón armado de 60 cm y postes de metálicos con malla de acero.

**Tabla 60** Dimensiones actuales del campo de infiltración

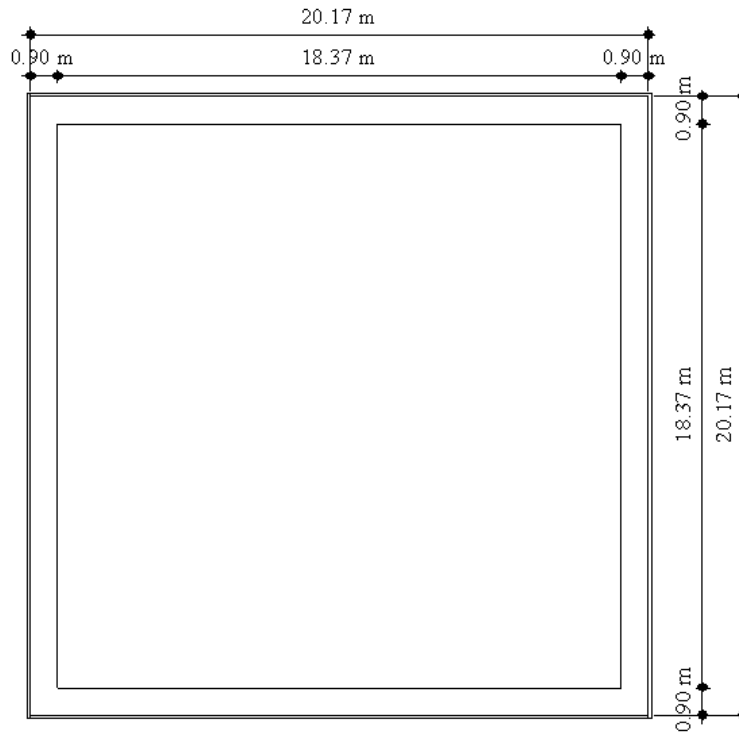
Parámetro	Valor	Unidad
Largo	20.17	m
Ancho	20.17	m
Altura	4.00	m
Espesor de paredes	20	cm

**Fuente:** El Autor



**Figura 36.** Vista en lateral – Campo de infiltración

**Fuente:** El Autor



**Figura 37.** Vista en Planta- Campo de infiltración

**Fuente:** El Autor

#### ***3.1.1.2.2.2 Recolección de datos de caudales de la PTAR.***

En función de los datos obtenidos aplicando la metodología descrita en el literal 2.2.4.2.2.2.2 se obtiene los resultados de los caudales en el ingreso y en la salida de la planta de tratamiento.

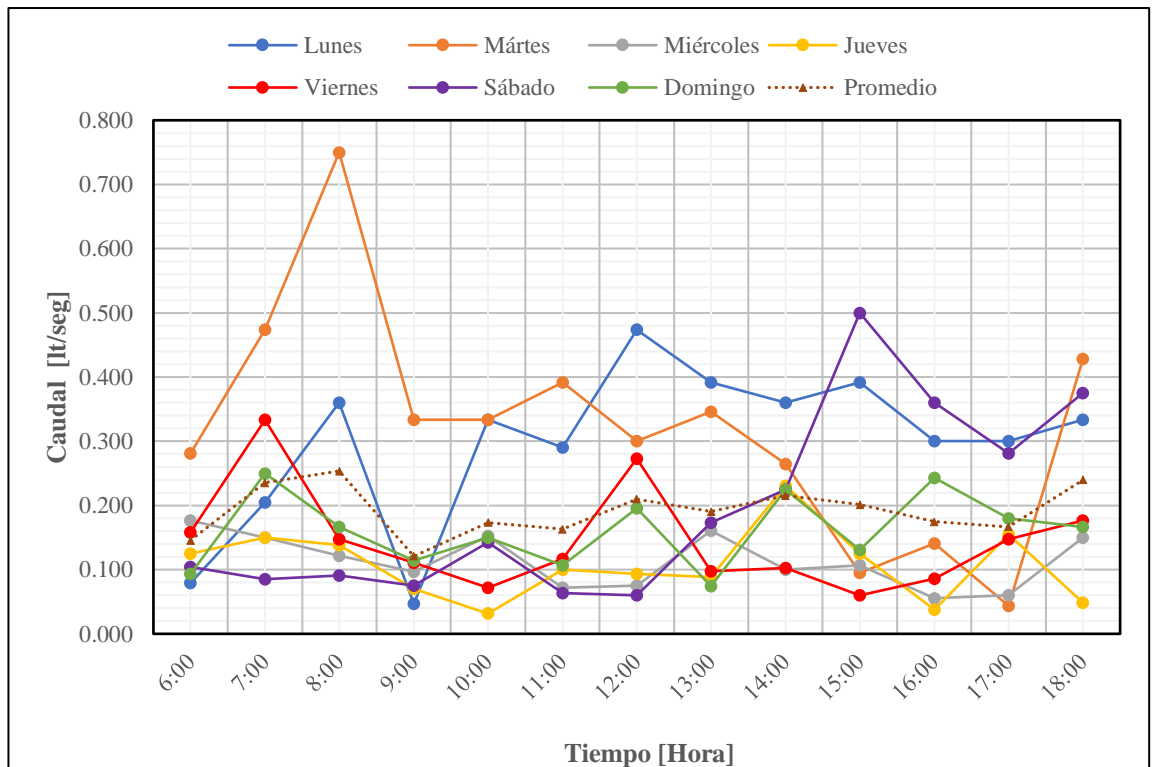
Los caudales en el punto de ingreso se describen en la Tabla 61 y su comportamiento diario en la Figura 38, pudiéndose observar que para el periodo de medición considerado el máximo caudal que llega a la PTAR se presenta en el horario de las 8:00 a.m. y el caudal mínimo se produce en el horario de 9:00 a.m. entendiéndose entonces que las descargas máximas y mínimas aguas arriba de la PTAR se producen en un horario anterior a los mencionados considerando el tiempo en que le toma al agua residual recorrer la red de alcantarillado.

La razón de esta fluctuación puede deberse a que los habitantes inician sus labores de trabajo y preparan a los hijos para enviarlos a las unidades educativas, posteriormente los moradores abandonan sus domicilios para desempeñar sus actividades en el campo y la ciudad por lo que el caudal se reduce.

**Tabla 61** Resumen de la toma de caudales de Ingreso de la PTAR (lt/s).

Día Hora	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Promedio
6:00	0.079	0.281	0.176	0.125	0.158	0.105	0.094	0.145
7:00	0.205	0.474	0.150	0.150	0.333	0.085	0.250	0.235
8:00	0.360	0.750	0.122	0.138	0.148	0.091	0.167	0.254
9:00	0.047	0.333	0.097	0.070	0.111	0.075	0.114	0.121
10:00	0.333	0.333	0.153	0.032	0.071	0.143	0.150	0.174
11:00	0.290	0.391	0.071	0.100	0.117	0.064	0.107	0.163
12:00	0.474	0.300	0.075	0.094	0.273	0.060	0.196	0.210
13:00	0.391	0.346	0.161	0.088	0.098	0.173	0.074	0.190
14:00	0.360	0.265	0.100	0.231	0.102	0.225	0.225	0.215
15:00	0.391	0.095	0.107	0.125	0.060	0.500	0.130	0.201
16:00	0.300	0.141	0.056	0.038	0.086	0.360	0.243	0.175
17:00	0.300	0.044	0.060	0.155	0.148	0.281	0.180	0.167
18:00	0.333	0.429	0.150	0.048	0.176	0.375	0.167	0.240

**Fuente:** El Autor



**Figura 38.** Comportamiento de los caudales de ingreso de la PTAR

**Fuente:** El Autor

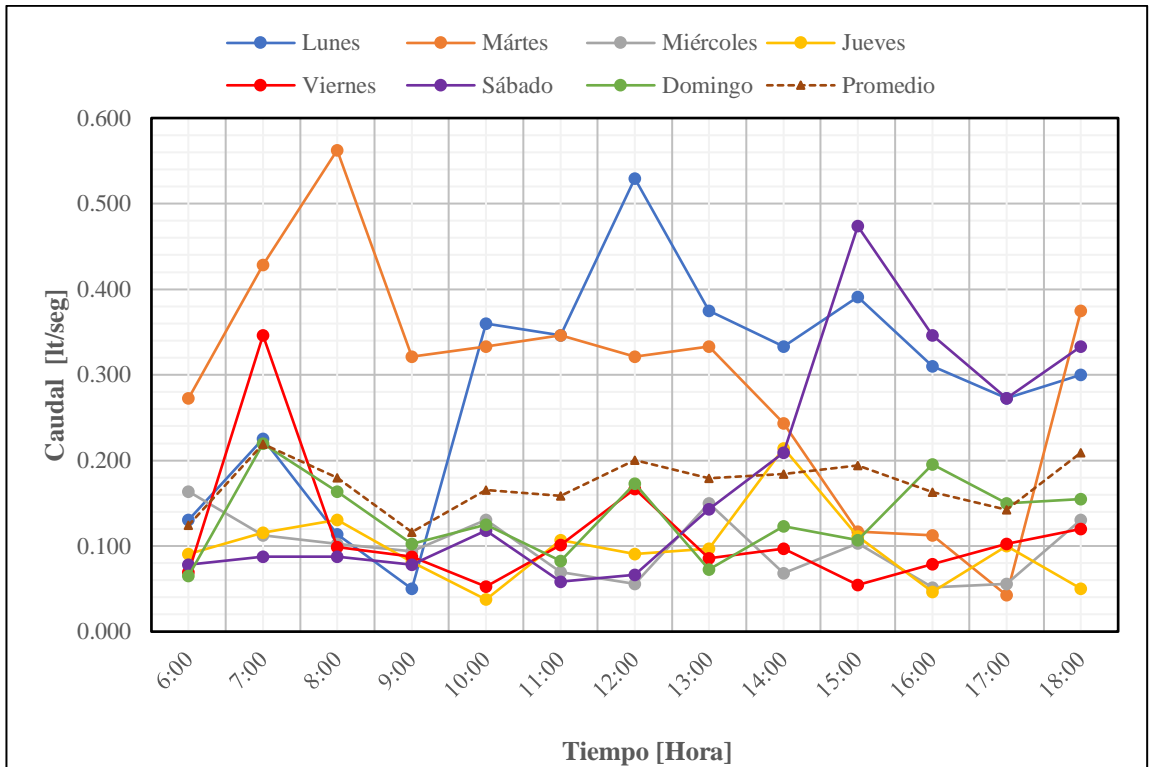
En la Tabla 62 se describen los caudales en el punto de salida y la Figura 39 representa su comportamiento diario en los que se evidencia que para el periodo de medición considerado el mayor caudal que sale de la PTAR se presenta el horario de las 8:00 a.m. y el caudal mínimo se produce en el horario de 9:00 a.m., esto coincide con el horario del caudal de ingreso y se asocia a que los habitantes inician sus labores de trabajo y preparan a los hijos para enviarlos a las unidades educativas, posteriormente los moradores abandonan sus domicilios para desempeñar sus actividades en el campo y la ciudad por lo que el caudal se reduce.

**Tabla 62** Resumen de la toma de caudales de Salida de la PTAR (lt/s).

<b>Día</b> <b>Hora</b>	<b>Lunes</b>	<b>Martes</b>	<b>Miércoles</b>	<b>Jueves</b>	<b>Viernes</b>	<b>Sábado</b>	<b>Domingo</b>	<b>Promedio</b>
6:00	0.130	0.273	0.164	0.091	0.070	0.078	0.065	0.124
7:00	0.225	0.429	0.113	0.115	0.346	0.087	0.220	0.219
8:00	0.114	0.563	0.102	0.130	0.099	0.087	0.164	0.180
9:00	0.050	0.321	0.094	0.081	0.087	0.078	0.102	0.116
10:00	0.360	0.333	0.130	0.038	0.053	0.118	0.125	0.165
11:00	0.346	0.346	0.070	0.107	0.101	0.058	0.083	0.159
12:00	0.529	0.321	0.056	0.091	0.167	0.066	0.173	0.200
13:00	0.375	0.333	0.150	0.097	0.086	0.143	0.073	0.179
14:00	0.333	0.243	0.068	0.214	0.097	0.209	0.123	0.184
15:00	0.391	0.117	0.103	0.111	0.055	0.474	0.107	0.194
16:00	0.310	0.113	0.052	0.046	0.079	0.346	0.196	0.163
17:00	0.273	0.042	0.056	0.100	0.102	0.273	0.150	0.142
18:00	0.300	0.375	0.130	0.050	0.120	0.333	0.155	0.209

**Fuente:** El Autor





**Figura 39.** Comportamiento de los caudales de salida de la PTAR

**Fuente:** El Autor

Otro aspecto que se observa dos comportamientos característicos: en primer lugar, no existe continuidad en el caudal en el mismo intervalo de tiempo durante todos los días y, en segundo lugar, los caudales de salida son relativamente menores con respecto a los de ingreso. Esto puede deberse, en cierta medida, a las condiciones climáticas y socioeconómicas ya que en el sector se desarrolla una feria menor de comercialización de sus productos, además según Metcalf & Eddy los caudales punta pueden ser absorbidos por la red de alcantarillado y, por otra parte, al tiempo de retención de las unidades de tratamiento.

Finalmente, se establece que el horario para la toma de las muestras de agua residual será a las 8:00 a.m. del día martes, al cual le corresponde la máxima descarga al ingreso y salida de la PTAR.



(a)



(b)

**Figura 40.** Aforo de caudales de la PTAR El Santuario. (a) Caudal de ingreso, (b) Caudal de salida.

**Fuente:** El Autor

### **3.1.1.2.3 Muestreo poblacional**

La aplicación de las encuestas a la población de la comunidad El Santuario tuvo lugar el día 20 de marzo del 2022, de la cual se obtuvo información básica de los habitantes, esta información se resume en el Anexo N° 3.

### **3.1.1.3 ETAPA 3: Investigación de laboratorio**

#### **3.1.1.3.1 Análisis de laboratorio de las características del agua.**

La recolección, conservación y transporte de las muestras de agua residual en el punto de ingreso y salida a la PTAR se realizó siguiendo los lineamientos de las normas citadas en el literal 2.2.4.3.1 y las recomendaciones del Laboratorio de Servicios Ambientales de la Universidad Nacional de Chimborazo. La actividad se efectuó el martes 19 de abril del 2022 a las 8:00 a.m. considerado como el día y el horario de mayor contaminación según lo analizado en el literal 3.1.1.2.2.2 descrito anteriormente.

El muestreo consistió en la toma de dos ejemplares en el punto de ingreso, para el primer ejemplar se empleó un recipiente de vidrio color ámbar destinado al análisis del parámetro de aceites y grasas y para el segundo un recipiente de plástico

polietileno para la muestra destinada al análisis de los demás parámetros. De manera similar se realizó la toma de las dos muestras en el punto de salida de la planta.

Los resultados de los análisis llevados a cabo en el laboratorio antes mencionado se muestran en la Tabla 63 y Tabla 64.



(a)



(b)

**Figura 41.** Muestreo de agua residual de la PTAR El Santuario. (a) Muestra de ingreso, (b) Muestra de salida

**Fuente:** El Autor



(a)



(b)



**Figura 42.** Manejo de las muestras de agua residual de la PTAR El Santuario. (a) Identificación, (b) Conservación

**Fuente:** El Autor

**Tabla 63** Resultados del análisis de agua residual al ingreso de la PTAR

Parámetro	Unidad	Método/Procedimiento	Resultado
Aceites y grasas	mg /l	EPA 418.1	197.43
Fósforo total	mg /l	STANDARD METHODS 4500 – P – E	9.5
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	STANDARD METHODS 5210 – B	267
DQO	mg /l	STANDARD METHODS 5220 – D	564
Nitrógeno total Kjeldahl	mg /l	STANDARD METHODS 4500 – N – B	99.5
Nitrógeno Amoniacal	mg /l	STANDARD METHODS 4500 – NH <sub>3</sub> B&C	74.38
Potencial de hidrogeno pH	-	PE-LSA-01	7.47
Sólidos suspendidos	mg /l	STANDARD METHODS 2540 – D	447
Tensoactivos (Detergentes)	mg /l	STANDARD METHODS 5540 – C	22.2
Color aparente	Upt-Co	STANDARD METHODS 2120 – C	2570
Coliformes fecales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 – B	45000
Sólidos totales	mg /l	STANDARD METHODS 2540 – B	828

**Fuente:** Laboratorio de Servicios Ambientales UNACH.

**Tabla 64** Resultados del análisis de agua residual a la salida de la PTAR

Parámetro	Unidad	Método/Procedimiento	Resultado
Aceites y grasas	mg /l	EPA 418.1	156.57
Fósforo total	mg /l	STANDARD METHODS 4500 – P – E	8.5
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>s</sub> /l	STANDARD METHODS 5210 – B	176
DQO	mg /l	STANDARD METHODS 5220 – D	393
Nitrógeno total Kjeldahl	mg /l	STANDARD METHODS 4500 – N – B	92.3
Nitrógeno Amoniacal	mg /l	STANDARD METHODS 4500 – NH <sub>3</sub> B&C	68.5
Potencial de hidrogeno pH	-	PE-LSA-01	7.97
Sólidos suspendidos	mg /l	STANDARD METHODS 2540 – D	295
Tensoactivos (Detergentes)	mg /l	STANDARD METHODS 5540 – C	7.45
Color aparente	Upt-Co	STANDARD METHODS 2120 – C	1930
Coliformes fecales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 – B	10750
Sólidos totales	mg /l	STANDARD METHODS 2540 – B	704

**Fuente:** Laboratorio de Servicios Ambientales UNACH.

### 3.1.2 FASE 2: DIAGNÓSTICO

#### 3.1.2.1 ETAPA 1: Estado del sistema de alcantarillado

Con la información necesaria recopilada en campo, se procesó estadísticamente los resultados para comprender el estado físico del sistema de alcantarillado.

**Tabla 65** Pozos catastrados.

Detalle	Valor
Pozo revisado	29
Pozo NO revisado	4
Pozo NO Encontrado	14
<b>TOTAL</b>	<b>47</b>

**Fuente:** El Autor

En general se registra 47 pozos, de los cuales 29 se revisaron de forma eficaz, 4 no fueron revisados debido a que se la integridad de la tapa estaba en peligro o no se contaba con el equipo necesario, y 14 no fueron encontrados, pues al tenerse en cuenta los años que tiene el sistema se han colocado a lo largo del tiempo capas de tierra, empedrado y carpeta asfáltica de más de 30 cm sin las medidas necesarias para permitir la inspección. Otro factor que dificultó las actividades se debe a la falta de concordancia entre los pozos en sitio y los presentes en los planos que se usó en el diseño y construcción proporcionados por el GADM de Quero, lo cual indica que no se cuenta con los planos As built.

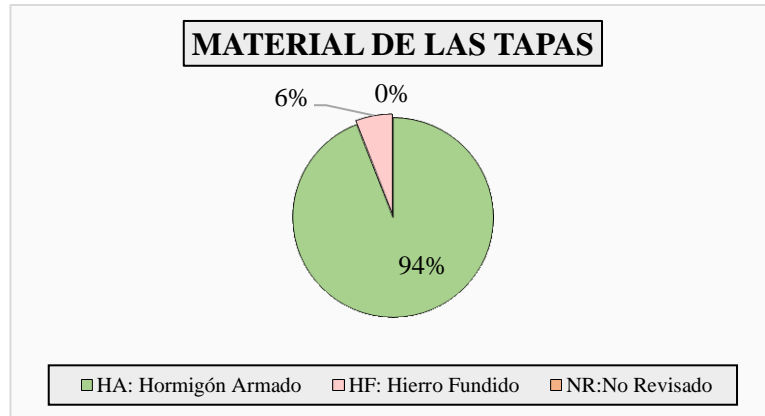
##### 3.1.2.1.1 Tapas de pozos de revisión

Del total de las tapas de los pozos de revisión inspeccionados el 94% están hechas de hormigón armado y en menor presencia se encuentran las tapas de hierro fundido. El estado físico general corresponde al criterio de regular a malo , por lo que los directivos de la comunidad manifiestan la necesidad de cambiar el 100% de las tapas por hierro fundido.

**Tabla 66** Material de las tapas.

TAPAS		
Detalle	Valor	Símbolo
Hormigón Armado	31	HA
Hierro Fundido	2	HF
No Revisado	0	NR
<b>TOTAL</b>	<b>33</b>	

**Fuente:** El Autor



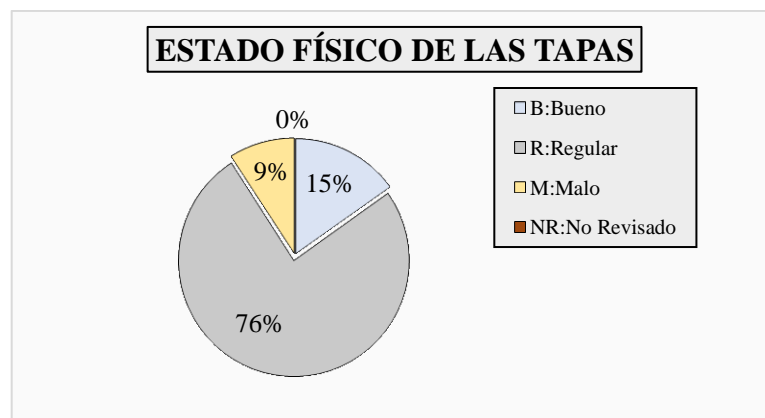
**Figura 43.** Material de las Tapas

**Fuente:** El Autor

**Tabla 67** Estado de las tapas.

TAPAS		
Detalle	Valor	Símbolo
Bueno	5	B
Regular	25	R
Malo	3	M
No Revisado	0	NR
<b>TOTAL</b>	<b>33</b>	

**Fuente:** El Autor



**Figura 44.** Estado físico de las tapas

**Fuente:** El Autor

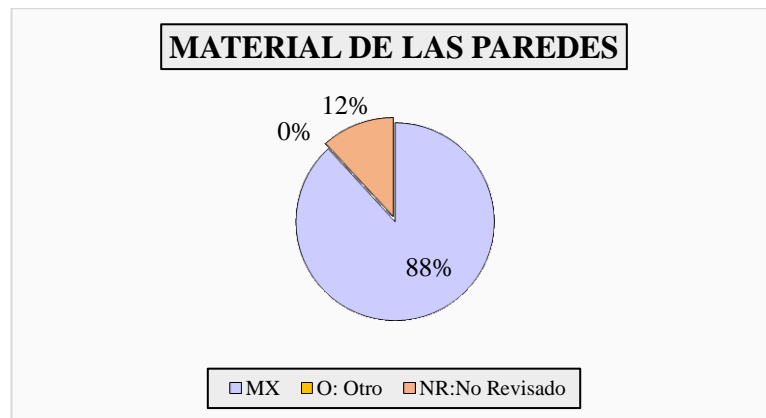
### 3.1.2.1.2 Paredes de pozos de revisión

Del total de pozos disponibles para la revisión de las paredes internas el 88% están construido de ladrillo y hormigón, y en l misma proporción se encuentran en buen estado.

**Tabla 68** Material de las paredes.

PAREDES		
Detalle	Valor	Símbolo
Mixto (ladrillo, hormigón)	29	MX
Otro	0	O
No Revisado	4	NR
<b>TOTAL</b>	<b>33</b>	

**Fuente:** El Autor



**Figura 45.** Material de las paredes

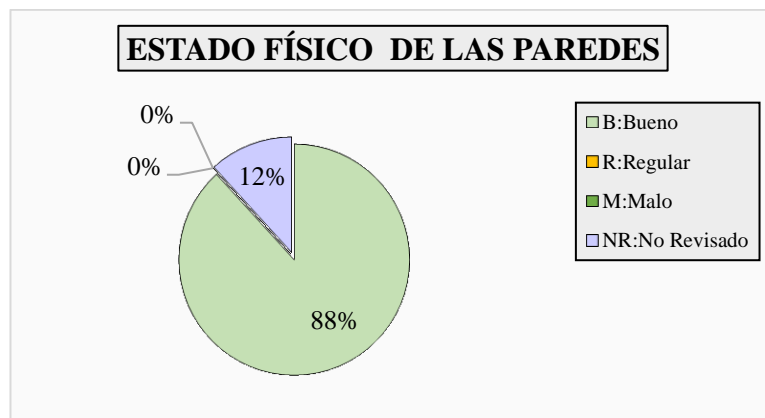
**Fuente:** El Autor

**Tabla 69** Estado de las paredes.

PAREDES		
Detalle	Valor	Símbolo
Bueno	29	B
Regular	0	R
Malo	0	M
No Revisado	4	NR
<b>TOTAL</b>	<b>33</b>	

**Fuente:** El Autor





**Figura 46.** Estado físico de las paredes

**Fuente:** El Autor

### 3.1.2.1.3 Fondo de los pozos de revisión

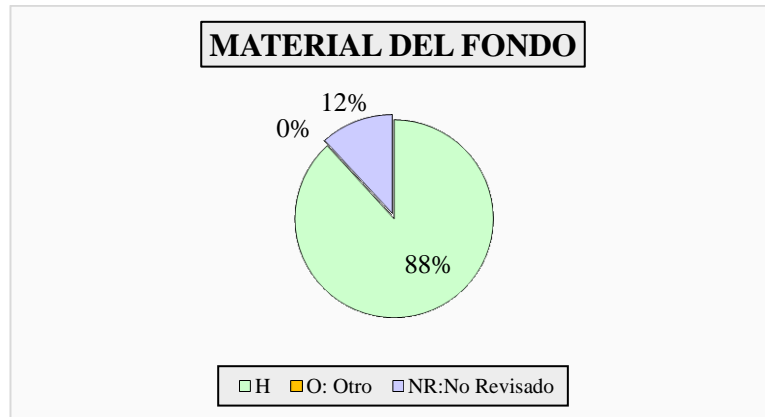
El 88% de los fondos de los pozos disponibles para la revisión son de hormigón, pero se encuentran en estado regular por la presencia de basuras y sedimentos terrosos, esto se debe a que las tapas se encuentran en estado regular y que algunos tramos de la red no están operando y no hay flujo de agua residual.

**Tabla 70** Material del fondo.

FONDO		
Detalle	Valor	Símbolo
Hormigón	29	H
Otro	0	O
No Revisado	4	NR
<b>TOTAL</b>	<b>33</b>	

**Fuente:** El Autor





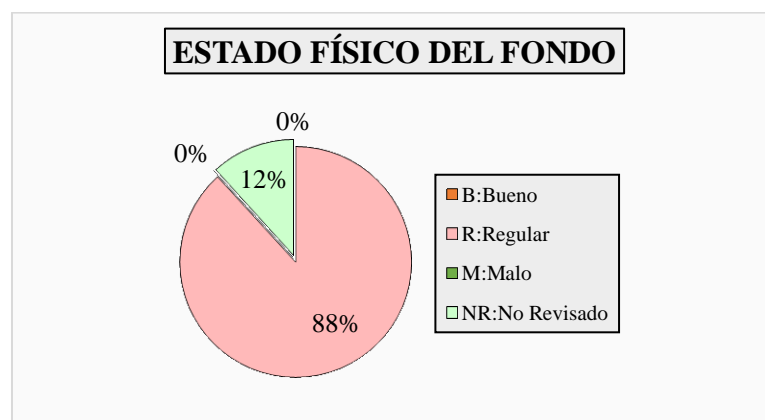
**Figura 47.** Material del fondo.

**Fuente:** El Autor

**Tabla 71** Estado del fondo.

FONDO		
Detalle	Valor	Símbolo
Bueno	0	B
Regular	29	R
Malo	0	M
No Revisado	4	NR
<b>TOTAL</b>	<b>33</b>	

**Fuente:** El Autor



**Figura 48.** Estado físico del fondo

**Fuente:** El Autor

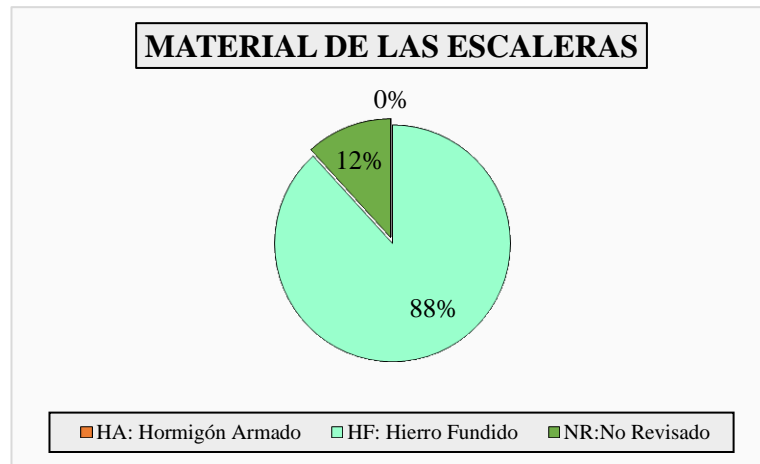
### 3.1.2.1.4 Escaleras de pozos de revisión

Las escaleras de acceso al interior de los pozos de revisión son en un 88% varillas de hierro que se encuentran en estado regular, su deterioro se debe principalmente a su periodo de existencia y a la humedad que las a corroído.

**Tabla 72** Material de las escaleras.

ESCALERAS		
Detalle	Valor	Símbolo
Hormigón Armado	0	HA
Hierro Fundido	29	HF
No Revisado	4	NR
<b>TOTAL</b>	<b>33</b>	

**Fuente:** El Autor



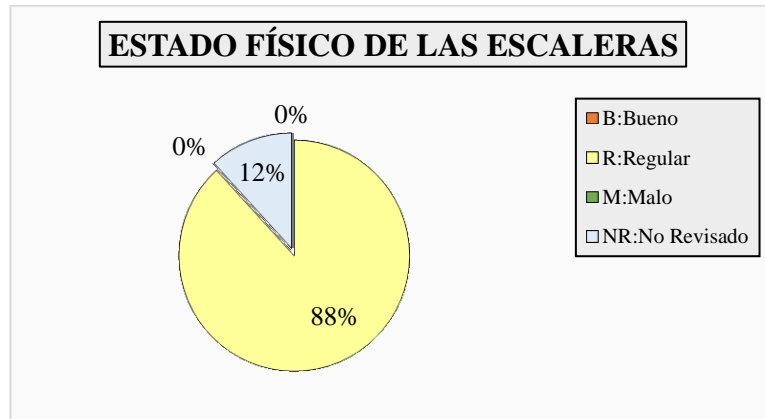
**Figura 49.** Material de las escaleras

**Fuente:** El Autor

**Tabla 73** Estado de las escaleras.

TAPAS		
Detalle	Valor	Símbolo
Bueno	0	B
Regular	29	R
Malo	0	M
No Revisado	4	NR
<b>TOTAL</b>	<b>33</b>	

**Fuente:** El Autor



**Figura 50.** Estado físico de las tapas

**Fuente:** El Autor

### 3.1.2.1.5 Tuberías de la red

Las tuberías que conforman la red de alcantarillado son de hormigón en su totalidad de diámetro de 200 mm y conforman un sistema total de 3.77 km.

### 3.1.2.2 ETAPA 2: Estado de la planta de tratamiento de aguas residuales



**Figura 51.** Estructura Física PTAR El Santuario.

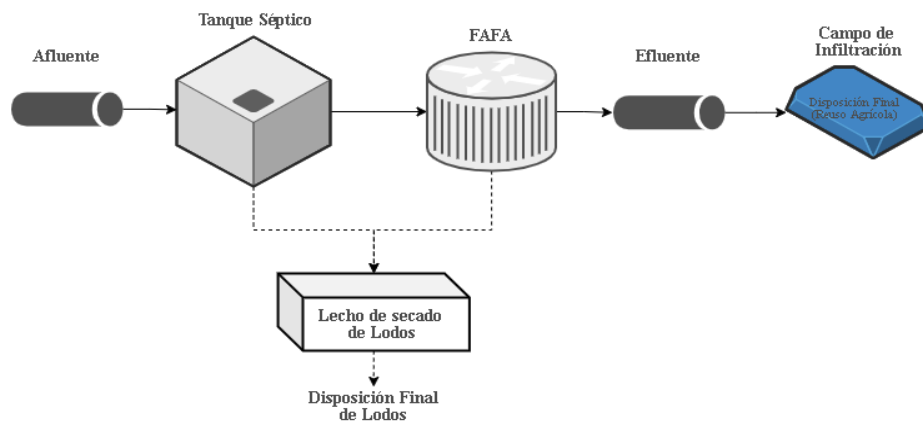
**Fuente:** El Autor



**Figura 52.** Campo de infiltración de la PTAR El Santuario

**Fuente:** El Autor

La planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad El Santuario cuenta con una serie de operaciones y procesos unitario entre ellos: tanque séptico, filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA), un lecho de secado de lodos y finalmente un de infiltración de disposición final para el reuso del agua con fines agrícolas y se produce infiltración y/o evapotranspiración del agua residual. La Figura 51 y Figura 52 presenta de manera global las estructuras físicas de estos procesos y la Figura 53 presenta esquemáticamente el tren de tratamiento.



**Figura 53.** Proceso de tratamiento actual de la PTAR El Santuario.

**Fuente:** El Autor

### 3.1.2.2.1 Tanque séptico

El estado físico del tanque séptico de la PTAR es bueno y consta de dos cámaras que contienen el agua residual. La Figura 54 muestra que existe un déficit en el funcionamiento puesto que se encuentra totalmente saturado al punto que el caudal

de ingreso se desborda en la caja de ingreso dejando pasar el caudal a la unidad del lecho de secado de lodos, esta saturación se debe a que la tubería de salida del tanque séptico esta obstruida.



**Figura 54.** Estado actual del tanque séptico

**Fuente:** El Autor

#### 3.1.2.2.2 Filtro anaerobio de flujo ascendente

El estado físico es adecuado sin embargo su funcionalidad es deficiente. No se encuentra operando ya que la tubería que alimenta su caudal esta taponada por lo que el fluido que contiene no está circulando y permanece almacenado produciendo malos olores.



**Figura 55.** Estado actual del FAFA

**Fuente:** El Autor



### 3.1.2.2.3 Lecho de secado de lodos

Al existir deficiencias en los procesos anteriores el lecho de secado también presenta falencias, se observa filtraciones de caudal proveniente del tanque séptico, presencia de vegetación en los bordes y las paredes y ausencia de las capas de filtrado.



**Figura 56.** Estado actual del lecho de secado de lodos

**Fuente:** El Autor

### 3.1.2.2.4 Campo de infiltración

La unidad denominada campo de infiltración no presenta un diseño acorde, la estructura de protección además está deteriorada, y se evidencia la mala calidad del agua almacenada con un color verdoso y mal olor y finalmente existe presencia de vegetación en los bordes.



**Figura 57.** Estado actual del campo de infiltración

**Fuente:** El Autor

### 3.1.3 FASE 3: ANÁLISIS Y VERIFICACIÓN DE FUNCIONAMIENTO

#### 3.1.3.1 ETAPA 1: Sistema de alcantarillado

##### 3.1.3.1.1 Verificación de la capacidad hidráulica de las redes de recolección

###### 3.1.3.1.1.1 Determinación del periodo de diseño

En el desarrollo del presente Proyecto técnico se empleará un periodo de diseño de 25 años en consideración a las recomendaciones de las normas de diseño de sistemas de alcantarillado.

$$N = 25 \text{ años}$$

###### 3.1.3.1.1.2 Determinación de la población de diseño

###### 3.1.3.1.1.2.1 Cálculo de la Tasa de crecimiento poblacional

Los registros de los censos poblacionales utilizados para calcular la tasa de crecimiento poblacional para el cantón Quero son aquellos proporcionados por el INEC y que se indican en la Tabla 4 del Capítulo I. Además, su determinación está ligada a los métodos y ecuaciones presentadas en la Tabla 34 del Capítulo II sección 2.2.6.1.2.1 de la cual se seleccionará el método que mejor se ajuste al proyecto al establecer el coeficiente de correlación ( $R^2$ ) más próximo a la unidad.

#### – Aplicación del Método Aritmético

$$r_{\%} = \left[ \frac{\left( \frac{P_f}{P_i} \right) - 1}{T} \right] * 100\% \quad \text{Ecuación (2)}$$
$$r_{\%} = \left[ \frac{\left( \frac{14\ 177}{12\ 753} \right) - 1}{8} \right] * 100\%$$
$$r_{\%} = 1.36 \%$$

Tasa de crecimiento poblacional promedio:

$$\bar{r}_{\%} = \frac{(1.36 + 1.60 + 1.24 + 0.62)\%}{4}$$
$$\bar{r}_{\%} = 1.21 \%$$

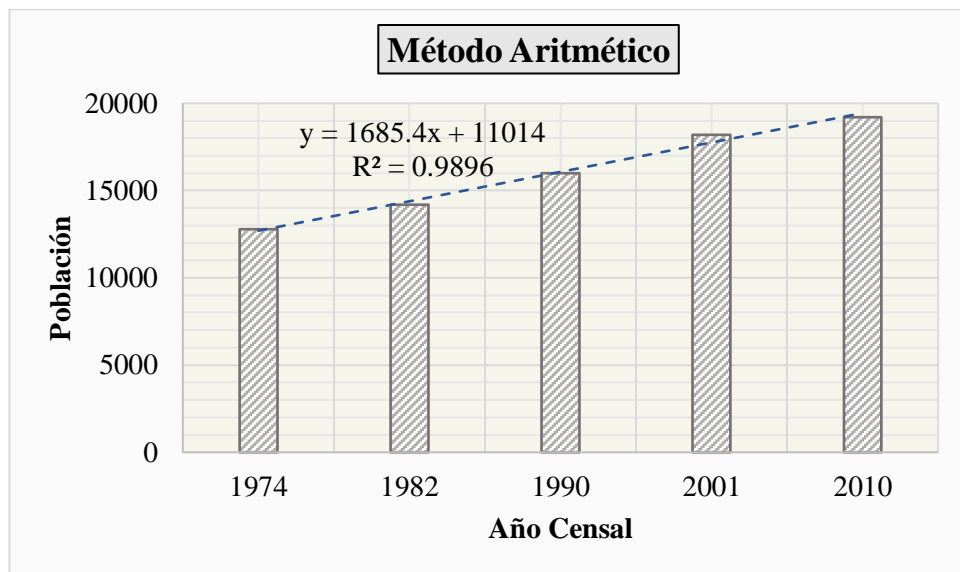
En la Tabla 74 se presenta los resultados de la tasa de crecimiento mediante el método aritmético aplicado a cada periodo de tiempo entre los años censales disponibles proporcionados por el INEC.

**Tabla 74** Tasa de Crecimiento Poblacional por el Método Aritmético.

Año Censal	Población (INEC) [Hab]	Intervalo de tiempo T [años]	Tasa de Crecimiento r [%]
1974	12783		
1982	14177	8	1.36%
1990	15997	8	1.60%
2001	18187	11	1.24%
2010	19205	9	0.62%
<b>TASA PROMEDIAL <math>\bar{r}_{\%}</math></b>			1.21%

**Fuente:** El Autor

En la Figura 58, se representa la tendencia poblacional formada al considerar el método aritmético, esta tendencia lineal proporciona un coeficiente de correlación de 0.9896.



**Figura 58.** Tendencia Poblacional por el Método Aritmético

**Fuente:** El Autor

– **Aplicación del Método Geométrico**

$$r_{\%} = \left[ \left( \frac{P_f}{P_i} \right)^{\frac{1}{T}} - 1 \right] * 100\% \quad \text{Ecuación (3)}$$

$$r_{\%} = r_{\%} = \left[ \left( \frac{14\ 177}{12\ 783} \right)^{\frac{1}{8}} - 1 \right] * 100\%$$

$$r_{\%} = 1.30 \%$$

Tasa de crecimiento poblacional promedio:



$$\bar{r}_{\%} = \frac{(1.30 + 1.52 + 1.17 + 0.61)\%}{4}$$

$$\bar{r}_{\%} = 1.15 \%$$

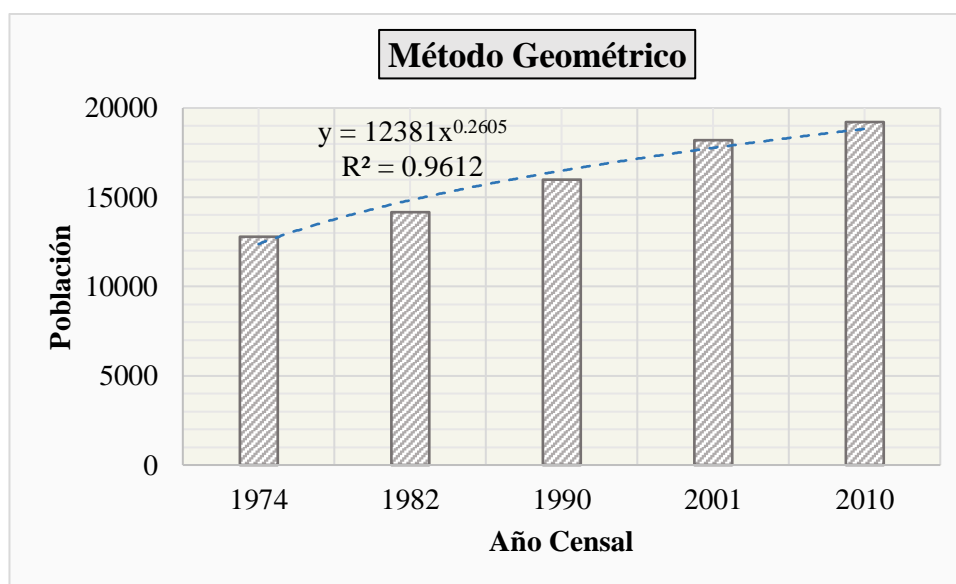
En la **Tabla 75** se presenta los resultados de la tasa de crecimiento mediante el método geométrico aplicado a cada periodo de tiempo entre los años censales disponibles proporcionados por el INEC.

**Tabla 75** Tasa de Crecimiento Poblacional por el Método Geométrico

Año Censal	Población (INEC) [Hab]	Intervalo de tiempo T [años]	Tasa de Crecimiento r [%]
1974	12783		
1982	14177	8	1.30%
1990	15997	8	1.52%
2001	18187	11	1.17%
2010	19205	9	0.61%
<b>TASA PROMEDIAL <math>\bar{r}_{\%}</math></b>			1.15%

**Fuente:** El Autor

En la Figura 59, se representa la tendencia poblacional formada al considerar el método geométrico, esta tendencia potencial proporciona un coeficiente de correlación de 0.9612.



**Figura 59.** Tendencia Poblacional por el Método Geométrico

**Fuente:** El Autor

– **Aplicación del Método Exponencial**

$$r\% = \left[ \frac{\ln\left(\frac{P_f}{P_i}\right) - 1}{T} * \right] 100\% \quad \text{Ecuación (4)}$$

$$r\% = \left[ \frac{\ln\left(\frac{14\ 177}{12\ 783}\right) - 1}{8} * \right] 100\%$$

$$r\% = 1.29 \%$$

Tasa de crecimiento poblacional promedio:

$$\bar{r}\% = \frac{(1.29 + 1.51 + 1.17 + 0.61)\%}{4}$$

$$\bar{r}\% = 1.14 \%$$

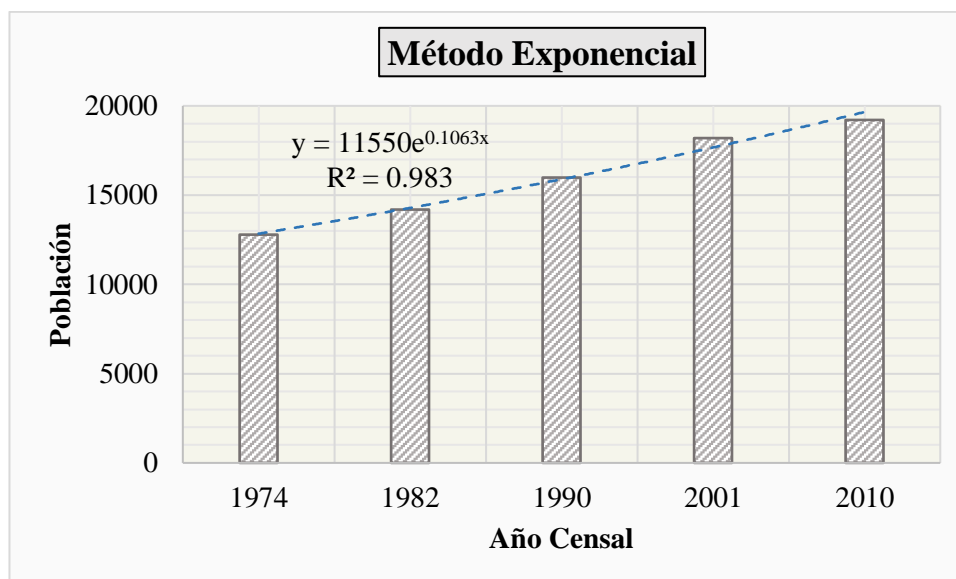
En la Tabla 76 se presenta los resultados de la tasa de crecimiento mediante el método exponencial aplicado a cada periodo de tiempo entre los años censales disponibles proporcionados por el INEC.

**Tabla 76** Tasa de Crecimiento Poblacional por el Método Exponencial

<b>Año Censal</b>	<b>Población (INEC) [Hab]</b>	<b>Intervalo de tiempo T [años]</b>	<b>Tasa de Crecimiento r [%]</b>
1974	12783		
1982	14177	8	1.29%
1990	15997	8	1.51%
2001	18187	11	1.17%
2010	19205	9	0.61%
<b>TASA PROMEDIAL <math>\bar{r}\%</math></b>			1.14%

**Fuente:** El Autor

En la Figura 60 , se representa la tendencia poblacional formada al considerar el método exponencial, esta tendencia proporciona un coeficiente de correlación de 0.983.



**Figura 60.** Tendencia Poblacional por el Método Exponencial

**Fuente:** El Autor

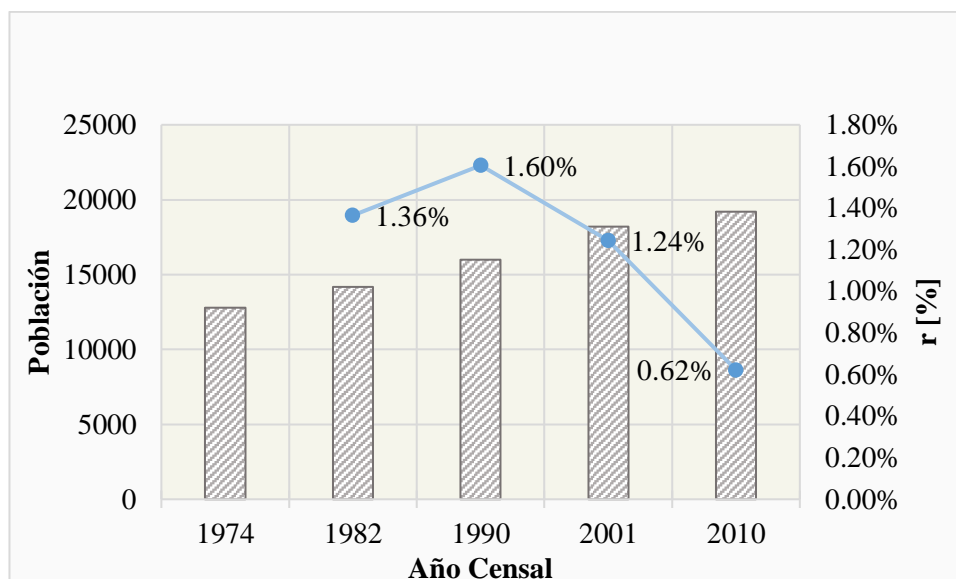
Para la selección del método que mejor determine las características poblacionales se presenta la Tabla 77, en la que se resumen los resultados de la tasa de crecimiento promedial ( $\bar{r}_\%$ ) y el coeficiente de correlación ( $R^2$ ) de cada uno de los métodos. Una vez analizado los resultados se evidencia que el coeficiente de correlación más próximo a la unidad pertenece al método aritmético con un valor de 0.9896 y una tasa de crecimiento correspondiente 1.21%, por consiguiente, es este método el cual se empleará para los cálculos de este proyecto.

**Tabla 77** Resumen de resultados de las tasas de Crecimiento Poblacional

Descripción	Método		
	Aritmético	Geométrico	Exponencial
Tasa de crecimiento [%]	1.21	1.15	1.14
Coefficiente de Correlación [ $R^2$ ]	0.9896	0.9612	0.9830

**Fuente:** El Autor

La Figura 61, corresponde a la evolución de la población y variación de la tasa de crecimiento según el método escogido (Método Aritmético), donde se muestra una tasa de crecimiento intercensal de 0.62% respecto de 2001, lo que muestra que la población continua en crecimiento, pero a un ritmo más lento.



**Figura 61.** Evolución de la población y tasa de crecimiento intercensal

**Fuente:** El Autor

### **3.1.3.1.1.2 Cálculo de la Población actual**

Del muestro poblacional (Anexo N° 3) se obtiene una población habitacional de 226 habitantes y una población flotante de 208 habitantes. Considerando un 17% de la población flotante para transformarla en población permanente, la población actual total está dada por la expresión:

$$\begin{aligned}
 Pa &= P. \text{ Habitacional} + 17\% P. \text{ Flotante} && \text{Ecuación (160)} \\
 Pa &= 226 \text{ Hab} + 17\% * 208 \text{ Hab} \\
 Pa &= 261 \text{ Hab}
 \end{aligned}$$

### **3.1.3.1.1.3 Cálculo de la Población futura**

El método seleccionado para calcular la población futura es el método aritmético en correlación a lo antes mencionado.

#### **– Aplicación del Método Aritmético**

$$\begin{aligned}
 Pf &= Pa * (1 + r * n) && \text{Ecuación (5)} \\
 Pf &= 261 \text{ Hab} * (1 + 0.0121 * 25) \\
 Pf &= 340.33 \text{ Hab} \approx 341 \text{ Hab}
 \end{aligned}$$

#### 3.1.3.1.1.2.4 Cálculo de la densidad poblacional ( $D_p$ )

$$\begin{aligned} D_p &= \frac{P_f}{A_P} && \text{Ecuación (8)} \\ D_p &= \frac{341 \text{ Hab}}{19.492 \text{ Ha}} \\ D_p &= 17.494 \frac{\text{Hab}}{\text{Ha}} \end{aligned}$$

#### 3.1.3.1.1.3 Estimación de la dotación de agua potable

##### 3.1.3.1.1.3.1 Estimación de la dotación actual ( $D_a$ )

En correspondencia a lo señalado en la Norma CPE INEN 5: Código de práctica para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural (Tabla 36), el nivel de servicio aplicable al proyecto es el IIb, nivel caracterizado por ser un sistema de alcantarillado sanitario.

Considerando que el clima que se presenta en la Comunidad El Santuario es predominantemente frío, la dotación de agua potable para el nivel de servicio IIb que señala la Tabla 37 presente en la misma Norma es de 75 lt/ hab\*día.

$$D_a = 75 \text{ [lt/hab*día]}$$

##### 3.1.3.1.1.3.2 Cálculo de la dotación futura ( $D_f$ )

La dotación al final del periodo de diseño se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\begin{aligned} D_f &= D_a + 1 \left[ \frac{\text{lt}}{\text{hab * día}} \right] * n && \text{Ecuación (9)} \\ D_f &= 75 \text{ [lt/hab * día]} + 1 \left[ \frac{\text{lt}}{\text{hab * día}} \right] * 25 \\ D_f &= 100 \text{ [lt/hab * día]} \end{aligned}$$

#### 3.1.3.1.1.4 Cálculo de los caudales de diseño de aguas residuales.

Tramo A15-PTAR

##### 3.1.3.1.1.4.1 Cálculo de caudal medio diario sanitario ( $Q_{mDs}$ )

###### 3.1.3.1.1.4.1.1 Cálculo de caudal de aguas residuales domésticas ( $Q_D$ )

$$\begin{aligned} Q_D &= \frac{P_f * D_f * C}{86400} && \text{Ecuación (11)} \\ Q_D &= \frac{341 \text{ Hab} * 100 \text{ [lt/Hab * día]} * 0.80}{86400} \\ Q_D &= 0.316 \frac{\text{lt}}{\text{seg}} \end{aligned}$$

**3.1.3.1.1.4.1.2 Cálculo de caudal de aguas residuales Industriales**  
**( $Q_{IND}$ )**

El proyecto no genera un aporte de aguas residuales de este tipo

$$Q_{IND} = 0 \frac{\text{lt}}{\text{seg}}$$

**3.1.3.1.1.4.1.3 Cálculo de caudal de aguas residuales Comerciales ( $Q_C$ )**

$$Q_C = C_C * A_C \quad \text{Ecuación (14)}$$

$$Q_C = 0.40 \frac{\text{lt}}{\text{seg} * \text{Ha}} * 0.012 \text{ Ha}$$

$$Q_C = 0.0048 \frac{\text{lt}}{\text{seg}}$$

**3.1.3.1.1.4.1.4 Cálculo de caudal de aguas residuales Institucionales**  
**( $Q_{INST}$ )**

$$Q_{INST} = C_{INST} * A_{INST} \quad \text{Ecuación (15)}$$

$$Q_{INST} = 0.40 \frac{\text{lt}}{\text{seg} * \text{Ha}} * 0.658 \text{ Ha}$$

$$Q_{INST} = 0.263 \frac{\text{lt}}{\text{seg}}$$

**Caudal medio diario sanitario**

$$Q_{mds} = Q_D + Q_{IND} + Q_C + Q_{INST} \quad \text{Ecuación (10)}$$

$$Q_{mds} = 0.316 \frac{\text{lt}}{\text{seg}} + 0 \frac{\text{lt}}{\text{seg}} + 0.0048 \frac{\text{lt}}{\text{seg}} + 0.263 \frac{\text{lt}}{\text{seg}}$$

$$Q_{mds} = 0.584 \frac{\text{lt}}{\text{seg}}$$

**3.1.3.1.1.4.2 Cálculo de caudal máximo instantáneo ( $Q_i$ )**

**COEFICIENTE DE MAYORACIÓN “M” POR EL MÉTODO DE HARMON**

$$M = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{P}} \quad \text{Ecuación (17)}$$

$$M = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{\frac{341}{1000}}}$$

$$M = 4.10$$

De acuerdo con los límites establecidos para el método se considera como valor máximo de mayoración 3.8.

**Caudal máximo instantáneo o máximo horario.**

$$Q_i = M * Q_{mds} \quad \text{Ecuación (16)}$$

$$Q_i = 3.8 * 0.584 \frac{\text{lt}}{\text{seg}}$$

$$Q_i = 2.218 \frac{\text{lt}}{\text{seg}}$$

#### 3.1.3.1.1.4.3 Cálculo de caudal de conexiones erradas ( $Q_e$ )

$$Q_e = C_e * Q_i \quad \text{Ecuación (20)}$$

$$Q_e = 5\% * 2.218 \frac{\text{lt}}{\text{seg}}$$

$$Q_e = 0.111 \frac{\text{lt}}{\text{seg}}$$

#### 3.1.3.1.1.4.4 Cálculo de caudal de infiltración ( $Q_{inf}$ )

$$Q_{inf} = q_{inf} * L_{tuberia} \quad \text{Ecuación (21)}$$

$$Q_{inf} = 0.0006 * 3767.09 \text{ m}$$

$$Q_{inf} = 2.26 \frac{\text{lt}}{\text{seg}}$$

#### 3.1.3.1.1.4.5 Determinación del caudal de diseño

$$Q_{ds} = Q_i + Q_e + Q_{inf} \quad \text{Ecuación (22)}$$

$$Q_{ds} = 2.218 \frac{\text{lt}}{\text{seg}} + 0.111 \frac{\text{lt}}{\text{seg}} + 2.26 \frac{\text{lt}}{\text{seg}}$$

$$Q_{ds} = 4.589 \frac{\text{lt}}{\text{seg}}$$

El caudal de diseño calculado para el tramo considerado es mayor al  $q_{mín} = 1.5 \frac{\text{lt}}{\text{seg}}$ , por lo tanto, se adopta como caudal de diseño para el tramo el valor de  $Q_{ds}$  determinado.

## Tabla 78 Resultado de caudales de Diseño para El Sistema de Alcantarillado Sanitario

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL		CAUDALES DE DISEÑO PARA EL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO																															
PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE VIDA DE LA COMUNIDAD "EL SANTUARIO", PARROQUIA LA MATRIZ, CANTÓN QUERO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA																																	
UBICACIÓN: QUERO, TUNGURAHUA																																	
ELABORADO POR: EGKALUIS RICARDO MORETA TELLENCHANA      REVISADO POR: Ing. Mg. LENIN GABRIEL SILVA TIPANTASIG      APROBADO POR: Ing. Mg. GALO WILFRIDO NÚÑEZ ALDAS      FECHA: JULIO, 2022																																	
INFORMACIÓN BÁSICA DE DISEÑO																																	
Período Diseño:	25 Años	Dotación actual:	75 l/hab.día	CC:	0.40	l/segHa*Comercio	19.49	Ha	g/mf:	0.0006	l/seg*m	Ce:	0.05	% de Qi																			
Población Futura:	341.00 Habitantes	Dotación Futura:	100 l/hab.día	CNSE:	0.40	l/seg Ha*Institución	17.49	Hab/Ha	CR:	0.80	%	Método Factor M:	Harmon																				
NOMENCLATURA																																	
L:	Longitud de tubería	CC:	Contribución comercial	QC:	Caudal de aguas residuales comerciales	g/mf:	Coefficiente de infiltración	Qmf:	Caudal de infiltración	Qmd:	Caudal medio diario sanitario	lt:	Litros	Hab:	Habitantes																		
Dp:	Densidad poblacional	CNSE:	Contribución institucional	QNST:	Caudal de aguas residuales institucionales	Ce:	Contribución por conexiones erradas	Qe:	Caudal de conexiones erradas	Qd:	Caudal de diseño	Hc:	Hectárea																				
PE:	Población futura	CR:	Coefficiente de retorno	QB:	Caudal de aguas residuales domésticas	ME:	Factor de punta o mayoración	QMB/QE:	Caudal máximo instantáneo o máximo horario	mc:	Metros	seg:	Segundo																				
DESCRIPCIÓN DEL TRAMO	LONGITUD		ÁREAS DE APORTE								POBLACIÓN		CONTRIBUCIÓN DE AGUAS RESIDUALES								CAUDAL DE DISEÑO DEL ALCANTARILLADO SANITARIO						OBSERVACIONES						
	L		DOMÉSTICO		INSTITUCIONAL		COMERCIAL		ÁREA TOTAL		Dp		Qd		QNST		QC		Qmf		Qmd		QMB		Qe			Qmf		Qd		Qd	
No POZO	Parcial	Acumulada	Parcial	Acumulada	Parcial	Acumulada	Parcial	Acumulada	Parcial	Acumulada	Parcial	Acumulada	CR	PARCIAL	ACUMULADA	PARCIAL	ACUMULADA	PARCIAL	ACUMULADA	PARCIAL	ACUMULADA	M	PARCIAL	ACUMULADA	PARCIAL	ACUMULADA	PARCIAL	ACUMULADA	tramo	Final			
[m]	[m]	[Ha]	[Ha]	[Ha]	[Ha]	[Ha]	[Ha]	[Ha]	[Ha]	[Ha]	[Hab/Ha]	[Hab]	[Hab]	[l/seg]	[l/seg]	[l/seg]	[l/seg]	[l/seg]	[l/seg]	[l/seg]	[l/seg]	[l/seg]	[l/seg]	[l/seg]	[l/seg]	[l/seg]	[l/seg]	[l/seg]	[l/seg]	[l/seg]			
<b>RAMAL A</b>																																	
A1	48.4500	48.4500	0.8200	0.8200	0.0000	0.0000	0.0000	0.8200	0.8200	17.4944	14.3454	14.3454	0.8000	0.0133	0.0133	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0133	0.0133	3.8000	0.0908	0.0908	0.0025	0.0025	0.0291	0.0291	0.0821	1.5000	Tramo Inicial
A1(1)	75.1200	123.5700	0.3780	1.1980	0.0000	0.0000	0.3780	1.1980	17.4944	6.6129	20.9582	0.8000	0.0061	0.0194	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0061	0.0194	3.8000	0.0233	0.0737	0.0012	0.0037	0.0451	0.0741	0.1516	1.5000				
A1(2)	76.7200	200.2900	0.3880	1.5830	0.0000	0.0000	0.3880	1.5830	17.4944	6.7353	27.6936	0.8000	0.0062	0.0256	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0062	0.0256	3.8000	0.0237	0.0974	0.0012	0.0049	0.0460	0.1202	0.2225	1.5000				
A1(3)	71.5500	271.8400	0.3560	1.9390	0.0000	0.0000	0.3560	1.9390	17.4944	6.2280	33.9216	0.8000	0.0058	0.0314	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0058	0.0314	3.8000	0.0219	0.1194	0.0011	0.0060	0.0429	0.1631	0.2884	1.5000				
A2	35.0400	306.8800	0.1510	2.0900	0.0000	0.0000	0.1510	2.0900	17.4944	2.6416	36.5632	0.8000	0.0024	0.0339	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0024	0.0339	3.8000	0.0093	0.1286	0.0005	0.0064	0.0210	0.1841	0.3192	1.5000				
A3	31.5300	338.4100	0.0510	2.1410	0.0000	0.0000	0.0510	2.1410	17.4944	0.8922	37.4554	0.8000	0.0008	0.0347	0.0000	0.0000	0.0000	0.0008	0.0347	3.8000	0.0031	0.1318	0.0002	0.0066	0.0189	0.2030	0.3414	1.5000					
A4	Red aportante 1 al Ramal A																																
B1	99.0000	99.0000	0.8570	0.8570	0.0000	0.0000	0.8570	0.8570	17.4944	14.9927	14.9927	0.8000	0.0139	0.0139	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0139	0.0139	3.8000	0.0528	0.0528	0.0026	0.0026	0.0594	0.0594	0.1148	1.5000	Tramo Inicial			
AB1	63.0600	162.0600	0.2960	1.1530	0.0000	0.0000	0.2960	1.1530	17.4944	5.1783	20.1710	0.8000	0.0048	0.0187	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0048	0.0187	3.8000	0.0182	0.0710	0.0009	0.0035	0.0378	0.0972	0.1718	1.5000				
A4	Tramo que continua del RAMAL A																																
A4	58.6000	59.0700	0.0760	3.3700	0.0000	0.0000	0.0760	3.3700	17.4944	1.3296	58.9560	0.8000	0.0012	0.0546	0.0000	0.0000	0.0000	0.0012	0.0546	3.8000	0.0047	0.2074	0.0002	0.0104	0.0352	0.3384	0.5533	1.5000					
A5	Red aportante 2 al Ramal A																																
B2	85.0100	85.0100	0.4860	0.4860	0.0000	0.0000	0.4860	0.4860	17.4944	8.5023	8.5023	0.8000	0.0079	0.0079	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0079	0.0079	3.8000	0.0299	0.0299	0.0015	0.0015	0.0510	0.0510	0.0824	1.5000	Tramo Inicial			
AB3	31.7600	116.7700	0.2310	0.7170	0.0000	0.0000	0.2310	0.7170	17.4944	4.0412	12.5435	0.8000	0.0037	0.0116	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0037	0.0116	3.8000	0.0142	0.0441	0.0007	0.0022	0.0191	0.0701	0.1164	1.5000				
AB2	44.6700	161.4400	0.2120	0.9290	0.0000	0.0000	0.2120	0.9290	17.4944	3.7088	16.2523	0.8000	0.0034	0.0150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0034	0.0150	3.8000	0.0130	0.0572	0.0007	0.0029	0.0268	0.0969	0.1569	1.5000				
A5	Tramo que continua del RAMAL A																																
A5	81.8500	802.3600	0.1300	4.4290	0.0000	0.0000	0.1300	4.4290	17.4944	2.2743	77.4825	0.8000	0.0021	0.0717	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0021	0.0717	3.8000	0.0080	0.2726	0.0004	0.0136	0.0491	0.4814	0.7677	1.5000				
A6	Red aportante 3 al Ramal A																																
B1	69.9300	69.9300	0.6110	0.6110	0.0000	0.0000	0.6110	0.6110	17.4944	10.6891	10.6891	0.8000	0.0099	0.0099	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0099	0.0099	3.8000	0.0376	0.0376	0.0019	0.0019	0.0420	0.0420	0.0814	1.5000	Tramo Inicial			
B2	83.1700	153.1000	0.5960	1.2070	0.0000	0.0000	0.5960	1.2070	17.4944	10.4266	21.1157	0.8000	0.0097	0.0196	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0097	0.0196	3.8000	0.0367	0.0743	0.0018	0.0037	0.0499	0.0919	0.1699	1.5000				
B3	Red aportante 3.1 a la Red 3																																
B4	72.1400	72.1400	0.2850	0.2850	0.0000	0.0000	0.2850	0.2850	17.4944	4.9859	4.9859	0.8000	0.0046	0.0046	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0046	0.0046	3.8000	0.0175	0.0175	0.0009	0.0009	0.0433	0.0433	0.0617	1.5000	Tramo Inicial			
B3	Tramo que continua de la red aportante 3																																
B3	80.7800	306.0200	0.8250	2.3170	0.0000	0.0000	0.8250	2.3170	17.4944	14.4328	40.5344	0.8000	0.0134	0.0375	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0134	0.0375	3.8000	0.0508	0.1426	0.0025	0.0071	0.0485	0.1836	0.3334	1.5000				
AB4	85.1900	391.2100	0.2670	2.5840	0.0000	0.0000	0.2670	2.5840	17.4944	4.6710	45.2054	0.8000	0.0043	0.0419	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0043	0.0419	3.8000	0.0164	0.1591	0.0008	0.0080	0.0511	0.2347	0.4017	1.5000				
A6																																	

Fuente: El Autor



**Tabla 78** Resultado de caudales de Diseño para El Sistema de Alcantarillado Sanitario (Continuación)

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL																															
CAUDALES DE DISEÑO PARA EL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO																															
<b>PROYECTO:</b>	DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE VIDA DE LA COMUNIDAD "EL SANTUARIO", PARROQUIA LA MATRIZ, CANTÓN QUERO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"																														
<b>UBICACIÓN:</b>	QUEBOLLES RICARDO MORETA TILENCHANA																														
<b>ELABORADO POR:</b>	ING. Mg. LENIN GABRIEL SILVA TIPANTASIG																														
<b>REVISADO POR:</b>	ING. Mg. GALO WILFRIDO NÚÑEZ ALDAS																														
<b>APROBADO POR:</b>	ING. Mg. GALO WILFRIDO NÚÑEZ ALDAS																														
<b>FECHA:</b>	JULIO, 2022																														
INFORMACIÓN BÁSICA DE DISEÑO																															
Periodo Diseño:	25 Años	Dotación actual:	75 l/hab.día	CC:	0.40	U/seg Ha* Comercio	Área del proyecto:	19.49 Ha	ignf:	0.0006	U/seg*m	Ce:	0.05	% de Qd																	
Población Futura:	341.00 Habitantes	Dotación Futura:	100 l/hab.día	CNSF:	0.40	U/seg Ha* Institución	Densidad Poblacional (Dp):	17.49 Hab/Ha	CR:	0.80	%	Método Factor ME:	Harmon																		
NOMENCLATURA																															
L:	Longitud de tubería	CC:	Contribución comercial	QC:	Caudal de aguas residuales comerciales	ignf:	Coefficiente de infiltración	Qinf:	Caudal de infiltración	Qmd:	Caudal medio diario sanitario	lt:	Litros	Hab:	Habitantes																
Dp:	Densidad poblacional	CNSF:	Contribución institucional	QNST:	Caudal de aguas residuales institucionales	Ce:	Contribución por conexiones erradas	Qc:	Caudal de conexiones erradas	Qd:	Caudal de diseño	Hc:	Hectárea																		
PE:	Población futura	CR:	Coefficiente de retorno	QD:	Caudal de aguas residuales domésticas	ME:	Factor de punta o mayoración	QMBQ:	Caudal máximo instantáneo o máximo horario	mc:	Metros	seg:	Segundo																		
DESCRIPCIÓN DEL TRAMO	LONGITUD	ÁREAS DE APORTE								POBLACIÓN		CONTRIBUCIÓN DE AGUAS RESIDUALES						CAUDAL DE DISEÑO DEL ALCANTARILLADO SANITARIO						OBSERVACIONES							
		L		DOMÉSTICO		INSTITUCIONAL		COMERCIAL		ÁREA TOTAL		Dp	PF	QD		QNST		QC		Qmd		QMd			Qc		Qinf		Qd	Qd	
No POZO	Parcial (m) Acumulada (m)	Parcial (Ha) Acumulada (Ha)	Parcial (Ha) Acumulada (Ha)	Parcial (Ha) Acumulada (Ha)	Parcial (Ha) Acumulada (Ha)	Parcial (Ha) Acumulada (Ha)	Parcial (Ha) Acumulada (Ha)	Parcial (Ha) Acumulada (Ha)	Parcial (Ha) Acumulada (Ha)	Parcial (Hab) Acumulada (Hab)	Parcial (Hab) Acumulada (Hab)	CR	PARCIAL (l/seg) ACUMULADA (l/seg)	PARCIAL (l/seg) ACUMULADA (l/seg)	PARCIAL (l/seg) ACUMULADA (l/seg)	PARCIAL (l/seg) ACUMULADA (l/seg)	PARCIAL (l/seg) ACUMULADA (l/seg)	M	PARCIAL (l/seg) ACUMULADA (l/seg)	PARCIAL (l/seg) ACUMULADA (l/seg)	PARCIAL (l/seg) ACUMULADA (l/seg)	PARCIAL (l/seg) ACUMULADA (l/seg)	PARCIAL (l/seg) ACUMULADA (l/seg)	PARCIAL (l/seg) ACUMULADA (l/seg)	tramo (l/seg)	Final (l/seg)					
<b>Tramo que continua del RAMAL A</b>																															
A6	72.3800	1265.9500	0.6260	7.6390	0.0000	0.0000	0.6260	7.6390	17.4944	10.9515	133.6394	0.8000	0.0101	0.1237	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0101	0.1237	3.8000	0.0385	0.4702	0.0019	0.0235	0.0434	0.7596	1.2533	1.5000		
A7	66.3800	1332.3300	0.1760	7.8150	0.0000	0.0000	0.1760	7.8150	17.4944	3.0790	136.7184	0.8000	0.0029	0.1266	0.0000	0.0000	0.0000	0.0029	0.1266	3.8000	0.0108	0.4810	0.0005	0.0241	0.0398	0.7994	1.3045	1.5000			
<b>Red aportante 4 al Ramal A</b>																															
B5	96.8100	96.8100	0.7720	0.7720	0.0370	0.0370	0.0120	0.8210	0.8210	17.4944	14.3629	14.3629	0.8000	0.0133	0.0133	0.0148	0.0148	0.0048	0.0048	0.0329	0.0329	3.8000	0.1250	0.1250	0.0063	0.0063	0.0581	0.0581	0.1894	1.5000	Tramo Inicial
AB5	71.9000	168.0000	0.4360	1.2080	0.0370	0.0120	0.4360	1.2570	17.4944	7.6275	21.9904	0.8000	0.0071	0.0204	0.0000	0.0148	0.0000	0.0048	0.0071	0.0400	3.8000	0.0208	0.1519	0.0013	0.0076	0.0427	0.1008	0.2602	1.5000		
<b>Tramo que continua del RAMAL A</b>																															
A8	39.6100	1539.9400	0.0590	9.0820	0.0370	0.0120	0.0590	9.1310	17.4944	1.0322	159.7410	0.8000	0.0010	0.1479	0.0000	0.0148	0.0000	0.0048	0.0010	0.1675	3.8000	0.0036	0.6365	0.0002	0.0318	0.0238	0.9240	1.5923	1.5923		
A9	42.1600	1582.1000	0.0440	9.1260	0.0370	0.0120	0.0440	9.1750	17.4944	0.7698	160.5107	0.8000	0.0007	0.1486	0.0000	0.0148	0.0000	0.0048	0.0007	0.1682	3.8000	0.0027	0.6392	0.0001	0.0320	0.0253	0.9493	1.6205	1.6205		
<b>Red aportante 5 al Ramal A</b>																															
B6	94.4200	94.4200	0.1430	0.1430	0.0000	0.0000	0.1430	0.1430	17.4944	2.5017	2.5017	0.8000	0.0023	0.0023	0.0000	0.0000	0.0000	0.0023	0.0023	3.8000	0.0088	0.0088	0.0004	0.0004	0.0567	0.0567	0.0659	1.5000	Tramo Inicial		
<b>Red aportante 5.1 a la Red 5</b>																															
AB6	57.3400	57.3400	0.2080	0.2080	0.0000	0.0000	0.2080	0.2080	17.4944	3.6388	3.6388	0.8000	0.0034	0.0034	0.0000	0.0000	0.0000	0.0034	0.0034	3.8000	0.0128	0.0128	0.0006	0.0006	0.0344	0.0344	0.0478	1.5000			
<b>Tramo que continua de la red aportante 5</b>																															
AB6	31.2800	183.0400	0.0430	0.3940	0.0000	0.0000	0.0430	0.3940	17.4944	0.7523	6.8928	0.8000	0.0007	0.0064	0.0000	0.0000	0.0000	0.0007	0.0064	3.8000	0.0026	0.0243	0.0001	0.0012	0.0188	0.1098	0.1353	1.5000	Tramo Inicial		
<b>Tramo que continua del RAMAL A</b>																															
A10	52.7600	1817.9000	0.0920	9.6120	0.0370	0.0120	0.0920	9.6610	17.4944	1.6095	169.0130	0.8000	0.0015	0.1565	0.0000	0.0148	0.0000	0.0048	0.0015	0.1761	3.8000	0.0057	0.6692	0.0003	0.0335	0.0317	1.0907	1.7934	1.7934		
A11	74.0100	1891.9100	0.4240	10.0360	0.0370	0.0120	0.4240	10.0850	17.4944	7.4176	176.4306	0.8000	0.0069	0.1634	0.0000	0.0148	0.0000	0.0048	0.0069	0.1830	3.8000	0.0261	0.6953	0.0013	0.0348	0.0444	1.1351	1.8652	1.8652		
A12	46.7100	1938.6200	0.0710	10.1070	0.0370	0.0120	0.0710	10.1560	17.4944	1.2421	177.6727	0.8000	0.0012	0.1645	0.0000	0.0148	0.0000	0.0048	0.0012	0.1841	3.8000	0.0044	0.6996	0.0002	0.0350	0.0280	1.1632	1.8978	1.8978		
<b>RAMAL B aportante al RAMAL A</b>																															
C2	40.7900	40.7900	0.3200	0.3200	0.0440	0.0440	0.0000	0.3640	0.3640	17.4944	6.3679	6.3679	0.8000	0.0059	0.0059	0.0176	0.0176	0.0000	0.0000	0.0235	0.0235	3.8000	0.0893	0.0893	0.0045	0.0045	0.0245	0.0245	0.1182	1.5000	Tramo Inicial
BC1	38.2600	79.0500	0.0850	0.4080	0.0420	0.0860	0.0000	0.1270	0.4910	17.4944	2.2218	8.5897	0.8000	0.0021	0.0080	0.0168	0.0344	0.0000	0.0000	0.0189	0.0424	3.8000	0.0717	0.1699	0.0006	0.0080	0.0230	0.0474	0.2164	1.5000	
B4	66.0900	145.1400	0.0560	0.4610	0.0680	0.1540	0.0000	0.1240	0.6150	17.4944	2.1693	10.7590	0.8000	0.0020	0.0100	0.0272	0.0616	0.0000	0.0000	0.0292	0.0716	3.8000	0.1110	0.2719	0.0055	0.0136	0.0397	0.0871	0.3726	1.5000	
<b>Red aportante 6 al Ramal B</b>																															
C4	41.5500	41.5500	0.2510	0.2510	0.0070	0.0070	0.0000	0.2580	0.2580	17.4944	4.5135	4.5135	0.8000	0.0042	0.0042	0.0028	0.0028	0.0000	0.0000	0.0070	0.0070	3.8000	0.0265	0.0265	0.0013	0.0013	0.0249	0.0249	0.0528	1.5000	Tramo Inicial
BC2	36.5600	78.1100	0.0950	0.3460	0.0300	0.0370	0.0000	0.1250	0.3830	17.4944	2.1868	6.7003	0.8000	0.0020	0.0062	0.0120	0.0148	0.0000	0.0000	0.0140	0.0210	3.8000	0.0533	0.0798	0.0027	0.0040	0.0219	0.0469	0.1307	1.5000	
<b>Tramo que continua del RAMAL B</b>																															
B5	67.0700	290.3200	0.2990	1.1060	0.0190	0.0000	0.2990	1.2970	17.4944	5.2308	22.6962	0.8000	0.0048	0.0210	0.0000	0.0764	0.0000	0.0000	0.0048	0.0974	3.8000	0.0184	0.3702	0.0009	0.0185	0.0402	0.1742	0.5629	1.5000		

Fuente: El Autor

**Tabla 78** Resultado de caudales de Diseño para El Sistema de Alcantarillado Sanitario (Continuación)

DESCRIPCIÓN DEL TRAMO		LONGITUD		ÁREAS DE APORTE						POBLACIÓN			CONTRIBUCIÓN DE AGUAS RESIDUALES						CAUDAL DE DISEÑO DEL ALCANTARILLADO SANITARIO						OBSERVACIONES												
				DOMÉSTICO		INSTITUCIONAL		COMERCIAL		ÁREA TOTAL		Dp	Pf	Qd		QNST		Qc		Qmsh		Qc		Qinf		Qd	Qd										
No POZO	L	Acumulada	Parcial	Acumulada	Parcial	Acumulada	Parcial	Acumulada	Parcial	Acumulada	(Hab/Ha)	(Hab)	(Hab)	CR	PARCIAL	ACUMULADA	PARCIAL	ACUMULADA	PARCIAL	ACUMULADA	PARCIAL	ACUMULADA	M	PARCIAL	ACUMULADA	PARCIAL	ACUMULADA	PARCIAL	ACUMULADA	tramo	Final						
<b>RAMAL C aportante al RAMAL B</b>																																					
D1	67.3400	67.3400	0.4270	0.4270	0.0000	0.0000	0.4270	0.4270	17.4944	7.4701	7.4701	0.8000	0.0069	0.0069	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0069	0.0069	3.8000	0.0263	0.0263	0.0013	0.0013	0.0404	0.0404	0.0680	1.5000	Tramo Inicial			
C1																																					
C1	64.2100	131.5500	0.1130	0.5400	0.0000	0.0000	0.1130	0.5400	17.4944	1.9769	9.4470	0.8000	0.0018	0.0087	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0018	0.0087	3.8000	0.0070	0.0332	0.0003	0.0017	0.0388	0.0789	0.1138	1.5000					
C2																																					
<b>Red aportante 7 al Ramal C</b>																																					
D2	67.8100	67.8100	0.2190	0.2190	0.0000	0.0000	0.2190	0.2190	17.4944	3.8313	3.8313	0.8000	0.0035	0.0035	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0035	0.0035	3.8000	0.0135	0.0135	0.0007	0.0007	0.0407	0.0407	0.0548	1.5000	Tramo Inicial				
C2																																					
<b>Tramo que continua del RAMAL C</b>																																					
C2	43.6800	243.0400	0.0780	0.8370	0.0000	0.0000	0.0780	0.8370	17.4944	1.3646	14.6428	0.8000	0.0013	0.0136	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0013	0.0136	3.8000	0.0048	0.0515	0.0002	0.0026	0.0262	0.1488	0.1959	1.5000						
C3																																					
C3	28.3000	271.3400	0.0510	0.8880	0.0000	0.0000	0.0510	0.8880	17.4944	0.8922	15.5350	0.8000	0.0008	0.0144	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0008	0.0144	3.8000	0.0031	0.0547	0.0002	0.0027	0.0170	0.1628	0.2202	1.5000						
C4																																					
C4	35.8000	307.1400	0.0720	0.9600	0.0000	0.0000	0.0720	0.9600	17.4944	1.2896	16.7946	0.8000	0.0012	0.0156	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0012	0.0156	3.8000	0.0044	0.0591	0.0002	0.0030	0.0215	0.1843	0.2463	1.5000						
C5																																					
C5	33.8900	341.0300	0.0680	1.0280	0.0000	0.0000	0.0680	1.0280	17.4944	1.1896	17.9842	0.8000	0.0011	0.0167	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0011	0.0167	3.8000	0.0042	0.0633	0.0002	0.0032	0.0203	0.2046	0.2711	1.5000						
C6																																					
<b>Red aportante 8 al Ramal C</b>																																					
D4	83.7800	83.7800	0.1520	0.1520	0.0000	0.0000	0.1520	0.1520	17.4944	2.6991	2.6991	0.8000	0.0025	0.0025	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0025	0.0025	3.8000	0.0094	0.0094	0.0008	0.0008	0.0503	0.0503	0.0601	1.5000	Tramo Inicial				
C6																																					
<b>Tramo que continua del RAMAL C</b>																																					
C6	75.8500	500.6300	0.1930	1.3730	0.0000	0.0000	0.1930	1.3730	17.4944	3.3764	24.0198	0.8000	0.0031	0.0222	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0031	0.0222	3.8000	0.0119	0.0845	0.0006	0.0042	0.0455	0.3004	0.3891	1.5000						
B6																																					
<b>Tramo que continua del RAMAL B</b>																																					
B6	50.7800	841.7300	0.4060	2.8850	0.1910	0.0000	0.4060	3.0760	17.4944	7.1027	53.8126	0.8000	0.0066	0.0498	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0066	0.1262	3.8000	0.0250	0.4797	0.0012	0.0240	0.0305	0.5050	1.0687	1.5000							
B7																																					
B7	66.0600	907.7900	0.5610	3.4460	0.1910	0.0000	0.5610	3.6370	17.4944	9.8143	63.6270	0.8000	0.0091	0.0589	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0091	0.1353	3.8000	0.0345	0.5142	0.0017	0.0257	0.0396	0.5447	1.0846	1.5000							
A13																																					
<b>Tramo que continua del RAMAL A</b>																																					
A13	46.4800	2892.8900	0.1440	13.6970	0.2280	0.0120	0.1440	13.9370	17.4944	2.5192	243.8188	0.8000	0.0023	0.2258	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0048	0.0023	0.3218	3.8000	0.0089	1.2227	0.0004	0.0611	0.0279	1.7357	3.0195	3.0195							
A14																																					
A14	95.9600	2988.8500	0.2860	13.9830	0.2280	0.0120	0.2860	14.2230	17.4944	5.0034	248.8222	0.8000	0.0046	0.2304	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0048	0.0046	0.3264	3.8000	0.0176	1.2403	0.0009	0.0620	0.0576	1.7933	3.0956	3.0956							
A15																																					
<b>RAMAL D aportante al RAMAL A</b>																																					
D1	59.1100	59.1100	0.0960	0.0960	0.0000	0.0000	0.0960	0.0960	17.4944	1.6795	1.6795	0.8000	0.0016	0.0016	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0016	0.0016	3.8000	0.0099	0.0099	0.0003	0.0003	0.0355	0.0355	0.0417	1.5000	Tramo Inicial				
D2																																					
D2	36.2000	95.3100	0.0650	0.1610	0.0000	0.0000	0.0650	0.1610	17.4944	1.1371	2.8166	0.8000	0.0011	0.0026	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0011	0.0026	3.8000	0.0040	0.0099	0.0002	0.0005	0.0217	0.0572	0.0676	1.5000						
D2(1)																																					
D2(1)	36.2000	131.5100	0.0650	0.2260	0.0000	0.0000	0.0650	0.2260	17.4944	1.1371	3.9537	0.8000	0.0011	0.0037	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0011	0.0037	3.8000	0.0040	0.0139	0.0002	0.0007	0.0217	0.0789	0.0935	1.5000						
D3																																					

Fuente: El Autor

**Tabla 78** Resultado de caudales de Diseño para El Sistema de Alcantarillado Sanitario (Continuación)

DESCRIPCIÓN DEL TRAMO		LONGITUD	ÁREAS DE APORTE								POBLACIÓN			CONTRIBUCIÓN DE AGUAS RESIDUALES								CAUDAL DE DISEÑO DEL ALCANTARILLADO SANITARIO						OBSERVACIONES																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
No POZO		L	DOMÉSTICO		INSTITUCIONAL		COMERCIAL		ÁREA TOTAL		Dp	PI	Qd		QINST		Qc		Qms		QMB		Qc		Qinf		Qd		Qd																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
		Parcial [m]	Acumulada [m]	Parcial [Ha]	Acumulada [Ha]	Parcial [Ha]	Acumulada [Ha]	Parcial [Ha]	Acumulada [Ha]	Parcial [Ha]	Acumulada [Ha]	CR	PARCIAL [l/seg]	ACUMULADA [l/seg]	PARCIAL [l/seg]	ACUMULADA [l/seg]	PARCIAL [l/seg]	ACUMULADA [l/seg]	PARCIAL [l/seg]	ACUMULADA [l/seg]	M	PARCIAL [l/seg]	ACUMULADA [l/seg]	PARCIAL [l/seg]	ACUMULADA [l/seg]	PARCIAL [l/seg]	ACUMULADA [l/seg]		tramo	Final																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
<p><b>Red aportante 9 al Ramal D</b></p> <tr> <td><b>D2</b></td> <td>13.100</td> <td>13.100</td> <td>0.0380</td> <td>0.0380</td> <td></td> <td>0.0000</td> <td></td> <td>0.0000</td> <td>0.0380</td> <td>0.0380</td> <td>17.4944</td> <td>0.6648</td> <td>0.6648</td> <td>0.8000</td> <td>0.0006</td> <td>0.0006</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.0006</td> <td>0.0006</td> <td>3.8000</td> <td>0.0023</td> <td>0.0023</td> <td>0.0001</td> <td>0.0001</td> <td>0.0079</td> <td>0.0079</td> <td>0.0103</td> <td>1.5000</td> <td>Tramo Inicial</td> </tr> <tr> <td><b>DE1</b></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>DE1</b></td> <td>19.3200</td> <td>32.4500</td> <td>0.2400</td> <td>0.2780</td> <td></td> <td>0.0000</td> <td></td> <td>0.0000</td> <td>0.2400</td> <td>0.2780</td> <td>17.4944</td> <td>4.1986</td> <td>4.8634</td> <td>0.8000</td> <td>0.0039</td> <td>0.0045</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.0039</td> <td>0.0045</td> <td>3.8000</td> <td>0.0148</td> <td>0.0171</td> <td>0.0007</td> <td>0.0009</td> <td>0.0116</td> <td>0.0195</td> <td>0.0374</td> <td>1.5000</td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>DE2</b></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>DE2</b></td> <td>39.8100</td> <td>72.2600</td> <td>0.4540</td> <td>0.7320</td> <td></td> <td>0.0000</td> <td></td> <td>0.0000</td> <td>0.4540</td> <td>0.7320</td> <td>17.4944</td> <td>7.9424</td> <td>12.8059</td> <td>0.8000</td> <td>0.0074</td> <td>0.0119</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.0074</td> <td>0.0119</td> <td>3.8000</td> <td>0.0279</td> <td>0.0451</td> <td>0.0014</td> <td>0.0023</td> <td>0.0239</td> <td>0.0434</td> <td>0.0907</td> <td>1.5000</td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>E1</b></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>E1</b></td> <td>74.6300</td> <td>146.8900</td> <td>0.6180</td> <td>1.3500</td> <td></td> <td>0.0000</td> <td></td> <td>0.0000</td> <td>0.6180</td> <td>1.3500</td> <td>17.4944</td> <td>10.8115</td> <td>23.6174</td> <td>0.8000</td> <td>0.0100</td> <td>0.0219</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.0100</td> <td>0.0219</td> <td>3.8000</td> <td>0.0380</td> <td>0.0831</td> <td>0.0019</td> <td>0.0042</td> <td>0.0448</td> <td>0.0881</td> <td>0.1754</td> <td>1.5000</td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>E2</b></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>E2</b></td> <td>64.5900</td> <td>211.4800</td> <td>0.1720</td> <td>1.5220</td> <td></td> <td>0.0000</td> <td></td> <td>0.0000</td> <td>0.1720</td> <td>1.5220</td> <td>17.4944</td> <td>3.0090</td> <td>26.6264</td> <td>0.8000</td> <td>0.0028</td> <td>0.0247</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.0028</td> <td>0.0247</td> <td>3.8000</td> <td>0.0106</td> <td>0.0937</td> <td>0.0008</td> <td>0.0047</td> <td>0.0388</td> <td>0.1269</td> <td>0.2253</td> <td>1.5000</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="28"> <p><b>Red aportante 10 al Ramal D</b></p> <tr> <td><b>C4</b></td> <td>11.0700</td> <td>11.0700</td> <td>0.0110</td> <td>0.0110</td> <td></td> <td>0.0000</td> <td></td> <td>0.0000</td> <td>0.0110</td> <td>0.0110</td> <td>17.4944</td> <td>0.1924</td> <td>0.1924</td> <td>0.8000</td> <td>0.0002</td> <td>0.0002</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.0002</td> <td>0.0002</td> <td>3.8000</td> <td>0.0007</td> <td>0.0007</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.0066</td> <td>0.0066</td> <td>0.0074</td> <td>1.5000</td> <td>Tramo Inicial</td> </tr> <tr> <td><b>CD1</b></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>CD1</b></td> <td>65.6600</td> <td>76.7300</td> <td>0.2630</td> <td>0.2740</td> <td></td> <td>0.0000</td> <td></td> <td>0.0000</td> <td>0.2630</td> <td>0.2740</td> <td>17.4944</td> <td>4.6010</td> <td>4.7935</td> <td>0.8000</td> <td>0.0043</td> <td>0.0044</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.0043</td> <td>0.0044</td> <td>3.8000</td> <td>0.0162</td> <td>0.0169</td> <td>0.0008</td> <td>0.0008</td> <td>0.0394</td> <td>0.0460</td> <td>0.0637</td> <td>1.5000</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="28"> <p><b>Tramo que continúa del RAMAL D</b></p> <tr> <td><b>D3</b></td> <td>70.0300</td> <td>489.7500</td> <td>0.5350</td> <td>2.5570</td> <td></td> <td>0.0000</td> <td></td> <td>0.0000</td> <td>0.5350</td> <td>2.5570</td> <td>17.4944</td> <td>9.3595</td> <td>44.7331</td> <td>0.8000</td> <td>0.0087</td> <td>0.0414</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.0087</td> <td>0.0414</td> <td>3.8000</td> <td>0.0329</td> <td>0.1574</td> <td>0.0016</td> <td>0.0079</td> <td>0.0420</td> <td>0.2939</td> <td>0.4591</td> <td>1.5000</td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>D4</b></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>D4</b></td> <td>92.9500</td> <td>582.7000</td> <td>0.7830</td> <td>3.3400</td> <td>0.4300</td> <td>0.4300</td> <td></td> <td>0.0000</td> <td>1.2130</td> <td>3.7700</td> <td>17.4944</td> <td>21.2207</td> <td>65.9537</td> <td>0.8000</td> <td>0.0196</td> <td>0.0611</td> <td>0.1720</td> <td>0.1720</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.1916</td> <td>0.2331</td> <td>3.8000</td> <td>0.0783</td> <td>0.8857</td> <td>0.0364</td> <td>0.0443</td> <td>0.0858</td> <td>0.3496</td> <td>1.2796</td> <td>1.5000</td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>D5</b></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>D5</b></td> <td>48.7700</td> <td>631.4700</td> <td>0.5320</td> <td>3.8720</td> <td></td> <td>0.4300</td> <td></td> <td>0.0000</td> <td>0.5320</td> <td>4.3020</td> <td>17.4944</td> <td>9.3070</td> <td>75.2607</td> <td>0.8000</td> <td>0.0086</td> <td>0.0697</td> <td>0.0000</td> <td>0.1720</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.0086</td> <td>0.2417</td> <td>3.8000</td> <td>0.0327</td> <td>0.9184</td> <td>0.0016</td> <td>0.0489</td> <td>0.0293</td> <td>0.3789</td> <td>1.3432</td> <td>1.5000</td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>D6</b></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>D6</b></td> <td>60.6500</td> <td>692.1200</td> <td>0.5110</td> <td>4.3830</td> <td></td> <td>0.4300</td> <td></td> <td>0.0000</td> <td>0.5110</td> <td>4.8130</td> <td>17.4944</td> <td>8.9396</td> <td>84.2003</td> <td>0.8000</td> <td>0.0083</td> <td>0.0780</td> <td>0.0000</td> <td>0.1720</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.0083</td> <td>0.2500</td> <td>3.8000</td> <td>0.0315</td> <td>0.9499</td> <td>0.0016</td> <td>0.0475</td> <td>0.0364</td> <td>0.4153</td> <td>1.4126</td> <td>1.5000</td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>D7</b></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>D7</b></td> <td>25.2200</td> <td>717.3400</td> <td>0.1460</td> <td>4.5290</td> <td></td> <td>0.4300</td> <td></td> <td>0.0000</td> <td>0.1460</td> <td>4.9590</td> <td>17.4944</td> <td>2.5542</td> <td>86.7545</td> <td>0.8000</td> <td>0.0024</td> <td>0.0803</td> <td>0.0000</td> <td>0.1720</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.0024</td> <td>0.2523</td> <td>3.8000</td> <td>0.0090</td> <td>0.9588</td> <td>0.0004</td> <td>0.0479</td> <td>0.0151</td> <td>0.4304</td> <td>1.4372</td> <td>1.5000</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="28"> <p><b>Tramo que continúa del RAMAL A</b></p> <tr> <td><b>A15</b></td> <td>69.9000</td> <td>3767.6900</td> <td>0.3100</td> <td>18.8220</td> <td></td> <td>0.6580</td> <td></td> <td>0.0120</td> <td>0.3100</td> <td>19.4920</td> <td>17.4944</td> <td>5.4233</td> <td>341.0000</td> <td>0.8000</td> <td>0.0050</td> <td>0.3157</td> <td>0.0000</td> <td>0.2632</td> <td>0.0000</td> <td>0.0048</td> <td>0.0050</td> <td>0.5837</td> <td>3.8000</td> <td>0.0191</td> <td>2.2182</td> <td>0.0010</td> <td>0.1109</td> <td>0.0365</td> <td>2.2603</td> <td>4.5884</td> <td>4.5884</td> <td>Tramo Final</td> </tr> <tr> <td><b>PTAR</b></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </td></tr> </td></tr></td></tr>																												<b>D2</b>	13.100	13.100	0.0380	0.0380		0.0000		0.0000	0.0380	0.0380	17.4944	0.6648	0.6648	0.8000	0.0006	0.0006	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0006	0.0006	3.8000	0.0023	0.0023	0.0001	0.0001	0.0079	0.0079	0.0103	1.5000	Tramo Inicial	<b>DE1</b>																																	<b>DE1</b>	19.3200	32.4500	0.2400	0.2780		0.0000		0.0000	0.2400	0.2780	17.4944	4.1986	4.8634	0.8000	0.0039	0.0045	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0039	0.0045	3.8000	0.0148	0.0171	0.0007	0.0009	0.0116	0.0195	0.0374	1.5000		<b>DE2</b>																																	<b>DE2</b>	39.8100	72.2600	0.4540	0.7320		0.0000		0.0000	0.4540	0.7320	17.4944	7.9424	12.8059	0.8000	0.0074	0.0119	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0074	0.0119	3.8000	0.0279	0.0451	0.0014	0.0023	0.0239	0.0434	0.0907	1.5000		<b>E1</b>																																		<b>E1</b>	74.6300	146.8900	0.6180	1.3500		0.0000		0.0000	0.6180	1.3500	17.4944	10.8115	23.6174	0.8000	0.0100	0.0219	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0100	0.0219	3.8000	0.0380	0.0831	0.0019	0.0042	0.0448	0.0881	0.1754	1.5000		<b>E2</b>																																		<b>E2</b>	64.5900	211.4800	0.1720	1.5220		0.0000		0.0000	0.1720	1.5220	17.4944	3.0090	26.6264	0.8000	0.0028	0.0247	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0028	0.0247	3.8000	0.0106	0.0937	0.0008	0.0047	0.0388	0.1269	0.2253	1.5000		<p><b>Red aportante 10 al Ramal D</b></p> <tr> <td><b>C4</b></td> <td>11.0700</td> <td>11.0700</td> <td>0.0110</td> <td>0.0110</td> <td></td> <td>0.0000</td> <td></td> <td>0.0000</td> <td>0.0110</td> <td>0.0110</td> <td>17.4944</td> <td>0.1924</td> <td>0.1924</td> <td>0.8000</td> <td>0.0002</td> <td>0.0002</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.0002</td> <td>0.0002</td> <td>3.8000</td> <td>0.0007</td> <td>0.0007</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.0066</td> <td>0.0066</td> <td>0.0074</td> <td>1.5000</td> <td>Tramo Inicial</td> </tr> <tr> <td><b>CD1</b></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>CD1</b></td> <td>65.6600</td> <td>76.7300</td> <td>0.2630</td> <td>0.2740</td> <td></td> <td>0.0000</td> <td></td> <td>0.0000</td> <td>0.2630</td> <td>0.2740</td> <td>17.4944</td> <td>4.6010</td> <td>4.7935</td> <td>0.8000</td> <td>0.0043</td> <td>0.0044</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.0043</td> <td>0.0044</td> <td>3.8000</td> <td>0.0162</td> <td>0.0169</td> <td>0.0008</td> <td>0.0008</td> <td>0.0394</td> <td>0.0460</td> <td>0.0637</td> <td>1.5000</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="28"> <p><b>Tramo que continúa del RAMAL D</b></p> <tr> <td><b>D3</b></td> <td>70.0300</td> <td>489.7500</td> <td>0.5350</td> <td>2.5570</td> <td></td> <td>0.0000</td> <td></td> <td>0.0000</td> <td>0.5350</td> <td>2.5570</td> <td>17.4944</td> <td>9.3595</td> <td>44.7331</td> <td>0.8000</td> <td>0.0087</td> <td>0.0414</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.0087</td> <td>0.0414</td> <td>3.8000</td> <td>0.0329</td> <td>0.1574</td> <td>0.0016</td> <td>0.0079</td> <td>0.0420</td> <td>0.2939</td> <td>0.4591</td> <td>1.5000</td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>D4</b></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>D4</b></td> <td>92.9500</td> <td>582.7000</td> <td>0.7830</td> <td>3.3400</td> <td>0.4300</td> <td>0.4300</td> <td></td> <td>0.0000</td> <td>1.2130</td> <td>3.7700</td> <td>17.4944</td> <td>21.2207</td> <td>65.9537</td> <td>0.8000</td> <td>0.0196</td> <td>0.0611</td> <td>0.1720</td> <td>0.1720</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.1916</td> <td>0.2331</td> <td>3.8000</td> <td>0.0783</td> <td>0.8857</td> <td>0.0364</td> <td>0.0443</td> <td>0.0858</td> <td>0.3496</td> <td>1.2796</td> <td>1.5000</td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>D5</b></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>D5</b></td> <td>48.7700</td> <td>631.4700</td> <td>0.5320</td> <td>3.8720</td> <td></td> <td>0.4300</td> <td></td> <td>0.0000</td> <td>0.5320</td> <td>4.3020</td> <td>17.4944</td> <td>9.3070</td> <td>75.2607</td> <td>0.8000</td> <td>0.0086</td> <td>0.0697</td> <td>0.0000</td> <td>0.1720</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.0086</td> <td>0.2417</td> <td>3.8000</td> <td>0.0327</td> <td>0.9184</td> <td>0.0016</td> <td>0.0489</td> <td>0.0293</td> <td>0.3789</td> <td>1.3432</td> <td>1.5000</td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>D6</b></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>D6</b></td> <td>60.6500</td> <td>692.1200</td> <td>0.5110</td> <td>4.3830</td> <td></td> <td>0.4300</td> <td></td> <td>0.0000</td> <td>0.5110</td> <td>4.8130</td> <td>17.4944</td> <td>8.9396</td> <td>84.2003</td> <td>0.8000</td> <td>0.0083</td> <td>0.0780</td> <td>0.0000</td> <td>0.1720</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.0083</td> <td>0.2500</td> <td>3.8000</td> <td>0.0315</td> <td>0.9499</td> <td>0.0016</td> <td>0.0475</td> <td>0.0364</td> <td>0.4153</td> <td>1.4126</td> <td>1.5000</td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>D7</b></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>D7</b></td> <td>25.2200</td> <td>717.3400</td> <td>0.1460</td> <td>4.5290</td> <td></td> <td>0.4300</td> <td></td> <td>0.0000</td> <td>0.1460</td> <td>4.9590</td> <td>17.4944</td> <td>2.5542</td> <td>86.7545</td> <td>0.8000</td> <td>0.0024</td> <td>0.0803</td> <td>0.0000</td> <td>0.1720</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.0024</td> <td>0.2523</td> <td>3.8000</td> <td>0.0090</td> <td>0.9588</td> <td>0.0004</td> <td>0.0479</td> <td>0.0151</td> <td>0.4304</td> <td>1.4372</td> <td>1.5000</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="28"> <p><b>Tramo que continúa del RAMAL A</b></p> <tr> <td><b>A15</b></td> <td>69.9000</td> <td>3767.6900</td> <td>0.3100</td> <td>18.8220</td> <td></td> <td>0.6580</td> <td></td> <td>0.0120</td> <td>0.3100</td> <td>19.4920</td> <td>17.4944</td> <td>5.4233</td> <td>341.0000</td> <td>0.8000</td> <td>0.0050</td> <td>0.3157</td> <td>0.0000</td> <td>0.2632</td> <td>0.0000</td> <td>0.0048</td> <td>0.0050</td> <td>0.5837</td> <td>3.8000</td> <td>0.0191</td> <td>2.2182</td> <td>0.0010</td> <td>0.1109</td> <td>0.0365</td> <td>2.2603</td> <td>4.5884</td> <td>4.5884</td> <td>Tramo Final</td> </tr> <tr> <td><b>PTAR</b></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </td></tr> </td></tr>																												<b>C4</b>	11.0700	11.0700	0.0110	0.0110		0.0000		0.0000	0.0110	0.0110	17.4944	0.1924	0.1924	0.8000	0.0002	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0002	3.8000	0.0007	0.0007	0.0000	0.0000	0.0066	0.0066	0.0074	1.5000	Tramo Inicial	<b>CD1</b>																																		<b>CD1</b>	65.6600	76.7300	0.2630	0.2740		0.0000		0.0000	0.2630	0.2740	17.4944	4.6010	4.7935	0.8000	0.0043	0.0044	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0043	0.0044	3.8000	0.0162	0.0169	0.0008	0.0008	0.0394	0.0460	0.0637	1.5000		<p><b>Tramo que continúa del RAMAL D</b></p> <tr> <td><b>D3</b></td> <td>70.0300</td> <td>489.7500</td> <td>0.5350</td> <td>2.5570</td> <td></td> <td>0.0000</td> <td></td> <td>0.0000</td> <td>0.5350</td> <td>2.5570</td> <td>17.4944</td> <td>9.3595</td> <td>44.7331</td> <td>0.8000</td> <td>0.0087</td> <td>0.0414</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.0087</td> <td>0.0414</td> <td>3.8000</td> <td>0.0329</td> <td>0.1574</td> <td>0.0016</td> <td>0.0079</td> <td>0.0420</td> <td>0.2939</td> <td>0.4591</td> <td>1.5000</td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>D4</b></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>D4</b></td> <td>92.9500</td> <td>582.7000</td> <td>0.7830</td> <td>3.3400</td> <td>0.4300</td> <td>0.4300</td> <td></td> <td>0.0000</td> <td>1.2130</td> <td>3.7700</td> <td>17.4944</td> <td>21.2207</td> <td>65.9537</td> <td>0.8000</td> <td>0.0196</td> <td>0.0611</td> <td>0.1720</td> <td>0.1720</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.1916</td> <td>0.2331</td> <td>3.8000</td> <td>0.0783</td> <td>0.8857</td> <td>0.0364</td> <td>0.0443</td> <td>0.0858</td> <td>0.3496</td> <td>1.2796</td> <td>1.5000</td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>D5</b></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>D5</b></td> <td>48.7700</td> <td>631.4700</td> <td>0.5320</td> <td>3.8720</td> <td></td> <td>0.4300</td> <td></td> <td>0.0000</td> <td>0.5320</td> <td>4.3020</td> <td>17.4944</td> <td>9.3070</td> <td>75.2607</td> <td>0.8000</td> <td>0.0086</td> <td>0.0697</td> <td>0.0000</td> <td>0.1720</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.0086</td> <td>0.2417</td> <td>3.8000</td> <td>0.0327</td> <td>0.9184</td> <td>0.0016</td> <td>0.0489</td> <td>0.0293</td> <td>0.3789</td> <td>1.3432</td> <td>1.5000</td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>D6</b></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>D6</b></td> <td>60.6500</td> <td>692.1200</td> <td>0.5110</td> <td>4.3830</td> <td></td> <td>0.4300</td> <td></td> <td>0.0000</td> <td>0.5110</td> <td>4.8130</td> <td>17.4944</td> <td>8.9396</td> <td>84.2003</td> <td>0.8000</td> <td>0.0083</td> <td>0.0780</td> <td>0.0000</td> <td>0.1720</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.0083</td> <td>0.2500</td> <td>3.8000</td> <td>0.0315</td> <td>0.9499</td> <td>0.0016</td> <td>0.0475</td> <td>0.0364</td> <td>0.4153</td> <td>1.4126</td> <td>1.5000</td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>D7</b></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>D7</b></td> <td>25.2200</td> <td>717.3400</td> <td>0.1460</td> <td>4.5290</td> <td></td> <td>0.4300</td> <td></td> <td>0.0000</td> <td>0.1460</td> <td>4.9590</td> <td>17.4944</td> <td>2.5542</td> <td>86.7545</td> <td>0.8000</td> <td>0.0024</td> <td>0.0803</td> <td>0.0000</td> <td>0.1720</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.0024</td> <td>0.2523</td> <td>3.8000</td> <td>0.0090</td> <td>0.9588</td> <td>0.0004</td> <td>0.0479</td> <td>0.0151</td> <td>0.4304</td> <td>1.4372</td> <td>1.5000</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="28"> <p><b>Tramo que continúa del RAMAL A</b></p> <tr> <td><b>A15</b></td> <td>69.9000</td> <td>3767.6900</td> <td>0.3100</td> <td>18.8220</td> <td></td> <td>0.6580</td> <td></td> <td>0.0120</td> <td>0.3100</td> <td>19.4920</td> <td>17.4944</td> <td>5.4233</td> <td>341.0000</td> <td>0.8000</td> <td>0.0050</td> <td>0.3157</td> <td>0.0000</td> <td>0.2632</td> <td>0.0000</td> <td>0.0048</td> <td>0.0050</td> <td>0.5837</td> <td>3.8000</td> <td>0.0191</td> <td>2.2182</td> <td>0.0010</td> <td>0.1109</td> <td>0.0365</td> <td>2.2603</td> <td>4.5884</td> <td>4.5884</td> <td>Tramo Final</td> </tr> <tr> <td><b>PTAR</b></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </td></tr>																												<b>D3</b>	70.0300	489.7500	0.5350	2.5570		0.0000		0.0000	0.5350	2.5570	17.4944	9.3595	44.7331	0.8000	0.0087	0.0414	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0087	0.0414	3.8000	0.0329	0.1574	0.0016	0.0079	0.0420	0.2939	0.4591	1.5000		<b>D4</b>																																		<b>D4</b>	92.9500	582.7000	0.7830	3.3400	0.4300	0.4300		0.0000	1.2130	3.7700	17.4944	21.2207	65.9537	0.8000	0.0196	0.0611	0.1720	0.1720	0.0000	0.0000	0.1916	0.2331	3.8000	0.0783	0.8857	0.0364	0.0443	0.0858	0.3496	1.2796	1.5000		<b>D5</b>																																		<b>D5</b>	48.7700	631.4700	0.5320	3.8720		0.4300		0.0000	0.5320	4.3020	17.4944	9.3070	75.2607	0.8000	0.0086	0.0697	0.0000	0.1720	0.0000	0.0000	0.0086	0.2417	3.8000	0.0327	0.9184	0.0016	0.0489	0.0293	0.3789	1.3432	1.5000		<b>D6</b>																																		<b>D6</b>	60.6500	692.1200	0.5110	4.3830		0.4300		0.0000	0.5110	4.8130	17.4944	8.9396	84.2003	0.8000	0.0083	0.0780	0.0000	0.1720	0.0000	0.0000	0.0083	0.2500	3.8000	0.0315	0.9499	0.0016	0.0475	0.0364	0.4153	1.4126	1.5000		<b>D7</b>																																		<b>D7</b>	25.2200	717.3400	0.1460	4.5290		0.4300		0.0000	0.1460	4.9590	17.4944	2.5542	86.7545	0.8000	0.0024	0.0803	0.0000	0.1720	0.0000	0.0000	0.0024	0.2523	3.8000	0.0090	0.9588	0.0004	0.0479	0.0151	0.4304	1.4372	1.5000		<p><b>Tramo que continúa del RAMAL A</b></p> <tr> <td><b>A15</b></td> <td>69.9000</td> <td>3767.6900</td> <td>0.3100</td> <td>18.8220</td> <td></td> <td>0.6580</td> <td></td> <td>0.0120</td> <td>0.3100</td> <td>19.4920</td> <td>17.4944</td> <td>5.4233</td> <td>341.0000</td> <td>0.8000</td> <td>0.0050</td> <td>0.3157</td> <td>0.0000</td> <td>0.2632</td> <td>0.0000</td> <td>0.0048</td> <td>0.0050</td> <td>0.5837</td> <td>3.8000</td> <td>0.0191</td> <td>2.2182</td> <td>0.0010</td> <td>0.1109</td> <td>0.0365</td> <td>2.2603</td> <td>4.5884</td> <td>4.5884</td> <td>Tramo Final</td> </tr> <tr> <td><b>PTAR</b></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr>																												<b>A15</b>	69.9000	3767.6900	0.3100	18.8220		0.6580		0.0120	0.3100	19.4920	17.4944	5.4233	341.0000	0.8000	0.0050	0.3157	0.0000	0.2632	0.0000	0.0048	0.0050	0.5837	3.8000	0.0191	2.2182	0.0010	0.1109	0.0365	2.2603	4.5884	4.5884	Tramo Final	<b>PTAR</b>																																	
<b>D2</b>	13.100	13.100	0.0380	0.0380		0.0000		0.0000	0.0380	0.0380	17.4944	0.6648	0.6648	0.8000	0.0006	0.0006	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0006	0.0006	3.8000	0.0023	0.0023	0.0001	0.0001	0.0079	0.0079	0.0103	1.5000	Tramo Inicial																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
<b>DE1</b>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
<b>DE1</b>	19.3200	32.4500	0.2400	0.2780		0.0000		0.0000	0.2400	0.2780	17.4944	4.1986	4.8634	0.8000	0.0039	0.0045	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0039	0.0045	3.8000	0.0148	0.0171	0.0007	0.0009	0.0116	0.0195	0.0374	1.5000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
<b>DE2</b>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
<b>DE2</b>	39.8100	72.2600	0.4540	0.7320		0.0000		0.0000	0.4540	0.7320	17.4944	7.9424	12.8059	0.8000	0.0074	0.0119	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0074	0.0119	3.8000	0.0279	0.0451	0.0014	0.0023	0.0239	0.0434	0.0907	1.5000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
<b>E1</b>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
<b>E1</b>	74.6300	146.8900	0.6180	1.3500		0.0000		0.0000	0.6180	1.3500	17.4944	10.8115	23.6174	0.8000	0.0100	0.0219	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0100	0.0219	3.8000	0.0380	0.0831	0.0019	0.0042	0.0448	0.0881	0.1754	1.5000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
<b>E2</b>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
<b>E2</b>	64.5900	211.4800	0.1720	1.5220		0.0000		0.0000	0.1720	1.5220	17.4944	3.0090	26.6264	0.8000	0.0028	0.0247	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0028	0.0247	3.8000	0.0106	0.0937	0.0008	0.0047	0.0388	0.1269	0.2253	1.5000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
<p><b>Red aportante 10 al Ramal D</b></p> <tr> <td><b>C4</b></td> <td>11.0700</td> <td>11.0700</td> <td>0.0110</td> <td>0.0110</td> <td></td> <td>0.0000</td> <td></td> <td>0.0000</td> <td>0.0110</td> <td>0.0110</td> <td>17.4944</td> <td>0.1924</td> <td>0.1924</td> <td>0.8000</td> <td>0.0002</td> <td>0.0002</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.0002</td> <td>0.0002</td> <td>3.8000</td> <td>0.0007</td> <td>0.0007</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.0066</td> <td>0.0066</td> <td>0.0074</td> <td>1.5000</td> <td>Tramo Inicial</td> </tr> <tr> <td><b>CD1</b></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>CD1</b></td> <td>65.6600</td> <td>76.7300</td> <td>0.2630</td> <td>0.2740</td> <td></td> <td>0.0000</td> <td></td> <td>0.0000</td> <td>0.2630</td> <td>0.2740</td> <td>17.4944</td> <td>4.6010</td> <td>4.7935</td> <td>0.8000</td> <td>0.0043</td> <td>0.0044</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.0043</td> <td>0.0044</td> <td>3.8000</td> <td>0.0162</td> <td>0.0169</td> <td>0.0008</td> <td>0.0008</td> <td>0.0394</td> <td>0.0460</td> <td>0.0637</td> <td>1.5000</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="28"> <p><b>Tramo que continúa del RAMAL D</b></p> <tr> <td><b>D3</b></td> <td>70.0300</td> <td>489.7500</td> <td>0.5350</td> <td>2.5570</td> <td></td> <td>0.0000</td> <td></td> <td>0.0000</td> <td>0.5350</td> <td>2.5570</td> <td>17.4944</td> <td>9.3595</td> <td>44.7331</td> <td>0.8000</td> <td>0.0087</td> <td>0.0414</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.0087</td> <td>0.0414</td> <td>3.8000</td> <td>0.0329</td> <td>0.1574</td> <td>0.0016</td> <td>0.0079</td> <td>0.0420</td> <td>0.2939</td> <td>0.4591</td> <td>1.5000</td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>D4</b></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>D4</b></td> <td>92.9500</td> <td>582.7000</td> <td>0.7830</td> <td>3.3400</td> <td>0.4300</td> <td>0.4300</td> <td></td> <td>0.0000</td> <td>1.2130</td> <td>3.7700</td> <td>17.4944</td> <td>21.2207</td> <td>65.9537</td> <td>0.8000</td> <td>0.0196</td> <td>0.0611</td> <td>0.1720</td> <td>0.1720</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.1916</td> <td>0.2331</td> <td>3.8000</td> <td>0.0783</td> <td>0.8857</td> <td>0.0364</td> <td>0.0443</td> <td>0.0858</td> <td>0.3496</td> <td>1.2796</td> <td>1.5000</td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>D5</b></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>D5</b></td> <td>48.7700</td> <td>631.4700</td> <td>0.5320</td> <td>3.8720</td> <td></td> <td>0.4300</td> <td></td> <td>0.0000</td> <td>0.5320</td> <td>4.3020</td> <td>17.4944</td> <td>9.3070</td> <td>75.2607</td> <td>0.8000</td> <td>0.0086</td> <td>0.0697</td> <td>0.0000</td> <td>0.1720</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.0086</td> <td>0.2417</td> <td>3.8000</td> <td>0.0327</td> <td>0.9184</td> <td>0.0016</td> <td>0.0489</td> <td>0.0293</td> <td>0.3789</td> <td>1.3432</td> <td>1.5000</td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>D6</b></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>D6</b></td> <td>60.6500</td> <td>692.1200</td> <td>0.5110</td> <td>4.3830</td> <td></td> <td>0.4300</td> <td></td> <td>0.0000</td> <td>0.5110</td> <td>4.8130</td> <td>17.4944</td> <td>8.9396</td> <td>84.2003</td> <td>0.8000</td> <td>0.0083</td> <td>0.0780</td> <td>0.0000</td> <td>0.1720</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.0083</td> <td>0.2500</td> <td>3.8000</td> <td>0.0315</td> <td>0.9499</td> <td>0.0016</td> <td>0.0475</td> <td>0.0364</td> <td>0.4153</td> <td>1.4126</td> <td>1.5000</td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>D7</b></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>D7</b></td> <td>25.2200</td> <td>717.3400</td> <td>0.1460</td> <td>4.5290</td> <td></td> <td>0.4300</td> <td></td> <td>0.0000</td> <td>0.1460</td> <td>4.9590</td> <td>17.4944</td> <td>2.5542</td> <td>86.7545</td> <td>0.8000</td> <td>0.0024</td> <td>0.0803</td> <td>0.0000</td> <td>0.1720</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.0024</td> <td>0.2523</td> <td>3.8000</td> <td>0.0090</td> <td>0.9588</td> <td>0.0004</td> <td>0.0479</td> <td>0.0151</td> <td>0.4304</td> <td>1.4372</td> <td>1.5000</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="28"> <p><b>Tramo que continúa del RAMAL A</b></p> <tr> <td><b>A15</b></td> <td>69.9000</td> <td>3767.6900</td> <td>0.3100</td> <td>18.8220</td> <td></td> <td>0.6580</td> <td></td> <td>0.0120</td> <td>0.3100</td> <td>19.4920</td> <td>17.4944</td> <td>5.4233</td> <td>341.0000</td> <td>0.8000</td> <td>0.0050</td> <td>0.3157</td> <td>0.0000</td> <td>0.2632</td> <td>0.0000</td> <td>0.0048</td> <td>0.0050</td> <td>0.5837</td> <td>3.8000</td> <td>0.0191</td> <td>2.2182</td> <td>0.0010</td> <td>0.1109</td> <td>0.0365</td> <td>2.2603</td> <td>4.5884</td> <td>4.5884</td> <td>Tramo Final</td> </tr> <tr> <td><b>PTAR</b></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </td></tr> </td></tr>																												<b>C4</b>	11.0700	11.0700	0.0110	0.0110		0.0000		0.0000	0.0110	0.0110	17.4944	0.1924	0.1924	0.8000	0.0002	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0002	3.8000	0.0007	0.0007	0.0000	0.0000	0.0066	0.0066	0.0074	1.5000	Tramo Inicial	<b>CD1</b>																																		<b>CD1</b>	65.6600	76.7300	0.2630	0.2740		0.0000		0.0000	0.2630	0.2740	17.4944	4.6010	4.7935	0.8000	0.0043	0.0044	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0043	0.0044	3.8000	0.0162	0.0169	0.0008	0.0008	0.0394	0.0460	0.0637	1.5000		<p><b>Tramo que continúa del RAMAL D</b></p> <tr> <td><b>D3</b></td> <td>70.0300</td> <td>489.7500</td> <td>0.5350</td> <td>2.5570</td> <td></td> <td>0.0000</td> <td></td> <td>0.0000</td> <td>0.5350</td> <td>2.5570</td> <td>17.4944</td> <td>9.3595</td> <td>44.7331</td> <td>0.8000</td> <td>0.0087</td> <td>0.0414</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.0087</td> <td>0.0414</td> <td>3.8000</td> <td>0.0329</td> <td>0.1574</td> <td>0.0016</td> <td>0.0079</td> <td>0.0420</td> <td>0.2939</td> <td>0.4591</td> <td>1.5000</td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>D4</b></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>D4</b></td> <td>92.9500</td> <td>582.7000</td> <td>0.7830</td> <td>3.3400</td> <td>0.4300</td> <td>0.4300</td> <td></td> <td>0.0000</td> <td>1.2130</td> <td>3.7700</td> <td>17.4944</td> <td>21.2207</td> <td>65.9537</td> <td>0.8000</td> <td>0.0196</td> <td>0.0611</td> <td>0.1720</td> <td>0.1720</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.1916</td> <td>0.2331</td> <td>3.8000</td> <td>0.0783</td> <td>0.8857</td> <td>0.0364</td> <td>0.0443</td> <td>0.0858</td> <td>0.3496</td> <td>1.2796</td> <td>1.5000</td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>D5</b></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>D5</b></td> <td>48.7700</td> <td>631.4700</td> <td>0.5320</td> <td>3.8720</td> <td></td> <td>0.4300</td> <td></td> <td>0.0000</td> <td>0.5320</td> <td>4.3020</td> <td>17.4944</td> <td>9.3070</td> <td>75.2607</td> <td>0.8000</td> <td>0.0086</td> <td>0.0697</td> <td>0.0000</td> <td>0.1720</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.0086</td> <td>0.2417</td> <td>3.8000</td> <td>0.0327</td> <td>0.9184</td> <td>0.0016</td> <td>0.0489</td> <td>0.0293</td> <td>0.3789</td> <td>1.3432</td> <td>1.5000</td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>D6</b></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>D6</b></td> <td>60.6500</td> <td>692.1200</td> <td>0.5110</td> <td>4.3830</td> <td></td> <td>0.4300</td> <td></td> <td>0.0000</td> <td>0.5110</td> <td>4.8130</td> <td>17.4944</td> <td>8.9396</td> <td>84.2003</td> <td>0.8000</td> <td>0.0083</td> <td>0.0780</td> <td>0.0000</td> <td>0.1720</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.0083</td> <td>0.2500</td> <td>3.8000</td> <td>0.0315</td> <td>0.9499</td> <td>0.0016</td> <td>0.0475</td> <td>0.0364</td> <td>0.4153</td> <td>1.4126</td> <td>1.5000</td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>D7</b></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>D7</b></td> <td>25.2200</td> <td>717.3400</td> <td>0.1460</td> <td>4.5290</td> <td></td> <td>0.4300</td> <td></td> <td>0.0000</td> <td>0.1460</td> <td>4.9590</td> <td>17.4944</td> <td>2.5542</td> <td>86.7545</td> <td>0.8000</td> <td>0.0024</td> <td>0.0803</td> <td>0.0000</td> <td>0.1720</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.0024</td> <td>0.2523</td> <td>3.8000</td> <td>0.0090</td> <td>0.9588</td> <td>0.0004</td> <td>0.0479</td> <td>0.0151</td> <td>0.4304</td> <td>1.4372</td> <td>1.5000</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="28"> <p><b>Tramo que continúa del RAMAL A</b></p> <tr> <td><b>A15</b></td> <td>69.9000</td> <td>3767.6900</td> <td>0.3100</td> <td>18.8220</td> <td></td> <td>0.6580</td> <td></td> <td>0.0120</td> <td>0.3100</td> <td>19.4920</td> <td>17.4944</td> <td>5.4233</td> <td>341.0000</td> <td>0.8000</td> <td>0.0050</td> <td>0.3157</td> <td>0.0000</td> <td>0.2632</td> <td>0.0000</td> <td>0.0048</td> <td>0.0050</td> <td>0.5837</td> <td>3.8000</td> <td>0.0191</td> <td>2.2182</td> <td>0.0010</td> <td>0.1109</td> <td>0.0365</td> <td>2.2603</td> <td>4.5884</td> <td>4.5884</td> <td>Tramo Final</td> </tr> <tr> <td><b>PTAR</b></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </td></tr>																												<b>D3</b>	70.0300	489.7500	0.5350	2.5570		0.0000		0.0000	0.5350	2.5570	17.4944	9.3595	44.7331	0.8000	0.0087	0.0414	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0087	0.0414	3.8000	0.0329	0.1574	0.0016	0.0079	0.0420	0.2939	0.4591	1.5000		<b>D4</b>																																		<b>D4</b>	92.9500	582.7000	0.7830	3.3400	0.4300	0.4300		0.0000	1.2130	3.7700	17.4944	21.2207	65.9537	0.8000	0.0196	0.0611	0.1720	0.1720	0.0000	0.0000	0.1916	0.2331	3.8000	0.0783	0.8857	0.0364	0.0443	0.0858	0.3496	1.2796	1.5000		<b>D5</b>																																		<b>D5</b>	48.7700	631.4700	0.5320	3.8720		0.4300		0.0000	0.5320	4.3020	17.4944	9.3070	75.2607	0.8000	0.0086	0.0697	0.0000	0.1720	0.0000	0.0000	0.0086	0.2417	3.8000	0.0327	0.9184	0.0016	0.0489	0.0293	0.3789	1.3432	1.5000		<b>D6</b>																																		<b>D6</b>	60.6500	692.1200	0.5110	4.3830		0.4300		0.0000	0.5110	4.8130	17.4944	8.9396	84.2003	0.8000	0.0083	0.0780	0.0000	0.1720	0.0000	0.0000	0.0083	0.2500	3.8000	0.0315	0.9499	0.0016	0.0475	0.0364	0.4153	1.4126	1.5000		<b>D7</b>																																		<b>D7</b>	25.2200	717.3400	0.1460	4.5290		0.4300		0.0000	0.1460	4.9590	17.4944	2.5542	86.7545	0.8000	0.0024	0.0803	0.0000	0.1720	0.0000	0.0000	0.0024	0.2523	3.8000	0.0090	0.9588	0.0004	0.0479	0.0151	0.4304	1.4372	1.5000		<p><b>Tramo que continúa del RAMAL A</b></p> <tr> <td><b>A15</b></td> <td>69.9000</td> <td>3767.6900</td> <td>0.3100</td> <td>18.8220</td> <td></td> <td>0.6580</td> <td></td> <td>0.0120</td> <td>0.3100</td> <td>19.4920</td> <td>17.4944</td> <td>5.4233</td> <td>341.0000</td> <td>0.8000</td> <td>0.0050</td> <td>0.3157</td> <td>0.0000</td> <td>0.2632</td> <td>0.0000</td> <td>0.0048</td> <td>0.0050</td> <td>0.5837</td> <td>3.8000</td> <td>0.0191</td> <td>2.2182</td> <td>0.0010</td> <td>0.1109</td> <td>0.0365</td> <td>2.2603</td> <td>4.5884</td> <td>4.5884</td> <td>Tramo Final</td> </tr> <tr> <td><b>PTAR</b></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr>																												<b>A15</b>	69.9000	3767.6900	0.3100	18.8220		0.6580		0.0120	0.3100	19.4920	17.4944	5.4233	341.0000	0.8000	0.0050	0.3157	0.0000	0.2632	0.0000	0.0048	0.0050	0.5837	3.8000	0.0191	2.2182	0.0010	0.1109	0.0365	2.2603	4.5884	4.5884	Tramo Final	<b>PTAR</b>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
<b>C4</b>	11.0700	11.0700	0.0110	0.0110		0.0000		0.0000	0.0110	0.0110	17.4944	0.1924	0.1924	0.8000	0.0002	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0002	3.8000	0.0007	0.0007	0.0000	0.0000	0.0066	0.0066	0.0074	1.5000	Tramo Inicial																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
<b>CD1</b>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
<b>CD1</b>	65.6600	76.7300	0.2630	0.2740		0.0000		0.0000	0.2630	0.2740	17.4944	4.6010	4.7935	0.8000	0.0043	0.0044	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0043	0.0044	3.8000	0.0162	0.0169	0.0008	0.0008	0.0394	0.0460	0.0637	1.5000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
<p><b>Tramo que continúa del RAMAL D</b></p> <tr> <td><b>D3</b></td> <td>70.0300</td> <td>489.7500</td> <td>0.5350</td> <td>2.5570</td> <td></td> <td>0.0000</td> <td></td> <td>0.0000</td> <td>0.5350</td> <td>2.5570</td> <td>17.4944</td> <td>9.3595</td> <td>44.7331</td> <td>0.8000</td> <td>0.0087</td> <td>0.0414</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.0087</td> <td>0.0414</td> <td>3.8000</td> <td>0.0329</td> <td>0.1574</td> <td>0.0016</td> <td>0.0079</td> <td>0.0420</td> <td>0.2939</td> <td>0.4591</td> <td>1.5000</td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>D4</b></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>D4</b></td> <td>92.9500</td> <td>582.7000</td> <td>0.7830</td> <td>3.3400</td> <td>0.4300</td> <td>0.4300</td> <td></td> <td>0.0000</td> <td>1.2130</td> <td>3.7700</td> <td>17.4944</td> <td>21.2207</td> <td>65.9537</td> <td>0.8000</td> <td>0.0196</td> <td>0.0611</td> <td>0.1720</td> <td>0.1720</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.1916</td> <td>0.2331</td> <td>3.8000</td> <td>0.0783</td> <td>0.8857</td> <td>0.0364</td> <td>0.0443</td> <td>0.0858</td> <td>0.3496</td> <td>1.2796</td> <td>1.5000</td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>D5</b></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>D5</b></td> <td>48.7700</td> <td>631.4700</td> <td>0.5320</td> <td>3.8720</td> <td></td> <td>0.4300</td> <td></td> <td>0.0000</td> <td>0.5320</td> <td>4.3020</td> <td>17.4944</td> <td>9.3070</td> <td>75.2607</td> <td>0.8000</td> <td>0.0086</td> <td>0.0697</td> <td>0.0000</td> <td>0.1720</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.0086</td> <td>0.2417</td> <td>3.8000</td> <td>0.0327</td> <td>0.9184</td> <td>0.0016</td> <td>0.0489</td> <td>0.0293</td> <td>0.3789</td> <td>1.3432</td> <td>1.5000</td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>D6</b></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>D6</b></td> <td>60.6500</td> <td>692.1200</td> <td>0.5110</td> <td>4.3830</td> <td></td> <td>0.4300</td> <td></td> <td>0.0000</td> <td>0.5110</td> <td>4.8130</td> <td>17.4944</td> <td>8.9396</td> <td>84.2003</td> <td>0.8000</td> <td>0.0083</td> <td>0.0780</td> <td>0.0000</td> <td>0.1720</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.0083</td> <td>0.2500</td> <td>3.8000</td> <td>0.0315</td> <td>0.9499</td> <td>0.0016</td> <td>0.0475</td> <td>0.0364</td> <td>0.4153</td> <td>1.4126</td> <td>1.5000</td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>D7</b></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>D7</b></td> <td>25.2200</td> <td>717.3400</td> <td>0.1460</td> <td>4.5290</td> <td></td> <td>0.4300</td> <td></td> <td>0.0000</td> <td>0.1460</td> <td>4.9590</td> <td>17.4944</td> <td>2.5542</td> <td>86.7545</td> <td>0.8000</td> <td>0.0024</td> <td>0.0803</td> <td>0.0000</td> <td>0.1720</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.0024</td> <td>0.2523</td> <td>3.8000</td> <td>0.0090</td> <td>0.9588</td> <td>0.0004</td> <td>0.0479</td> <td>0.0151</td> <td>0.4304</td> <td>1.4372</td> <td>1.5000</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="28"> <p><b>Tramo que continúa del RAMAL A</b></p> <tr> <td><b>A15</b></td> <td>69.9000</td> <td>3767.6900</td> <td>0.3100</td> <td>18.8220</td> <td></td> <td>0.6580</td> <td></td> <td>0.0120</td> <td>0.3100</td> <td>19.4920</td> <td>17.4944</td> <td>5.4233</td> <td>341.0000</td> <td>0.8000</td> <td>0.0050</td> <td>0.3157</td> <td>0.0000</td> <td>0.2632</td> <td>0.0000</td> <td>0.0048</td> <td>0.0050</td> <td>0.5837</td> <td>3.8000</td> <td>0.0191</td> <td>2.2182</td> <td>0.0010</td> <td>0.1109</td> <td>0.0365</td> <td>2.2603</td> <td>4.5884</td> <td>4.5884</td> <td>Tramo Final</td> </tr> <tr> <td><b>PTAR</b></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </td></tr>																												<b>D3</b>	70.0300	489.7500	0.5350	2.5570		0.0000		0.0000	0.5350	2.5570	17.4944	9.3595	44.7331	0.8000	0.0087	0.0414	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0087	0.0414	3.8000	0.0329	0.1574	0.0016	0.0079	0.0420	0.2939	0.4591	1.5000		<b>D4</b>																																		<b>D4</b>	92.9500	582.7000	0.7830	3.3400	0.4300	0.4300		0.0000	1.2130	3.7700	17.4944	21.2207	65.9537	0.8000	0.0196	0.0611	0.1720	0.1720	0.0000	0.0000	0.1916	0.2331	3.8000	0.0783	0.8857	0.0364	0.0443	0.0858	0.3496	1.2796	1.5000		<b>D5</b>																																		<b>D5</b>	48.7700	631.4700	0.5320	3.8720		0.4300		0.0000	0.5320	4.3020	17.4944	9.3070	75.2607	0.8000	0.0086	0.0697	0.0000	0.1720	0.0000	0.0000	0.0086	0.2417	3.8000	0.0327	0.9184	0.0016	0.0489	0.0293	0.3789	1.3432	1.5000		<b>D6</b>																																		<b>D6</b>	60.6500	692.1200	0.5110	4.3830		0.4300		0.0000	0.5110	4.8130	17.4944	8.9396	84.2003	0.8000	0.0083	0.0780	0.0000	0.1720	0.0000	0.0000	0.0083	0.2500	3.8000	0.0315	0.9499	0.0016	0.0475	0.0364	0.4153	1.4126	1.5000		<b>D7</b>																																		<b>D7</b>	25.2200	717.3400	0.1460	4.5290		0.4300		0.0000	0.1460	4.9590	17.4944	2.5542	86.7545	0.8000	0.0024	0.0803	0.0000	0.1720	0.0000	0.0000	0.0024	0.2523	3.8000	0.0090	0.9588	0.0004	0.0479	0.0151	0.4304	1.4372	1.5000		<p><b>Tramo que continúa del RAMAL A</b></p> <tr> <td><b>A15</b></td> <td>69.9000</td> <td>3767.6900</td> <td>0.3100</td> <td>18.8220</td> <td></td> <td>0.6580</td> <td></td> <td>0.0120</td> <td>0.3100</td> <td>19.4920</td> <td>17.4944</td> <td>5.4233</td> <td>341.0000</td> <td>0.8000</td> <td>0.0050</td> <td>0.3157</td> <td>0.0000</td> <td>0.2632</td> <td>0.0000</td> <td>0.0048</td> <td>0.0050</td> <td>0.5837</td> <td>3.8000</td> <td>0.0191</td> <td>2.2182</td> <td>0.0010</td> <td>0.1109</td> <td>0.0365</td> <td>2.2603</td> <td>4.5884</td> <td>4.5884</td> <td>Tramo Final</td> </tr> <tr> <td><b>PTAR</b></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr>																												<b>A15</b>	69.9000	3767.6900	0.3100	18.8220		0.6580		0.0120	0.3100	19.4920	17.4944	5.4233	341.0000	0.8000	0.0050	0.3157	0.0000	0.2632	0.0000	0.0048	0.0050	0.5837	3.8000	0.0191	2.2182	0.0010	0.1109	0.0365	2.2603	4.5884	4.5884	Tramo Final	<b>PTAR</b>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
<b>D3</b>	70.0300	489.7500	0.5350	2.5570		0.0000		0.0000	0.5350	2.5570	17.4944	9.3595	44.7331	0.8000	0.0087	0.0414	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0087	0.0414	3.8000	0.0329	0.1574	0.0016	0.0079	0.0420	0.2939	0.4591	1.5000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
<b>D4</b>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
<b>D4</b>	92.9500	582.7000	0.7830	3.3400	0.4300	0.4300		0.0000	1.2130	3.7700	17.4944	21.2207	65.9537	0.8000	0.0196	0.0611	0.1720	0.1720	0.0000	0.0000	0.1916	0.2331	3.8000	0.0783	0.8857	0.0364	0.0443	0.0858	0.3496	1.2796	1.5000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
<b>D5</b>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
<b>D5</b>	48.7700	631.4700	0.5320	3.8720		0.4300		0.0000	0.5320	4.3020	17.4944	9.3070	75.2607	0.8000	0.0086	0.0697	0.0000	0.1720	0.0000	0.0000	0.0086	0.2417	3.8000	0.0327	0.9184	0.0016	0.0489	0.0293	0.3789	1.3432	1.5000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
<b>D6</b>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
<b>D6</b>	60.6500	692.1200	0.5110	4.3830		0.4300		0.0000	0.5110	4.8130	17.4944	8.9396	84.2003	0.8000	0.0083	0.0780	0.0000	0.1720	0.0000	0.0000	0.0083	0.2500	3.8000	0.0315	0.9499	0.0016	0.0475	0.0364	0.4153	1.4126	1.5000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
<b>D7</b>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
<b>D7</b>	25.2200	717.3400	0.1460	4.5290		0.4300		0.0000	0.1460	4.9590	17.4944	2.5542	86.7545	0.8000	0.0024	0.0803	0.0000	0.1720	0.0000	0.0000	0.0024	0.2523	3.8000	0.0090	0.9588	0.0004	0.0479	0.0151	0.4304	1.4372	1.5000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
<p><b>Tramo que continúa del RAMAL A</b></p> <tr> <td><b>A15</b></td> <td>69.9000</td> <td>3767.6900</td> <td>0.3100</td> <td>18.8220</td> <td></td> <td>0.6580</td> <td></td> <td>0.0120</td> <td>0.3100</td> <td>19.4920</td> <td>17.4944</td> <td>5.4233</td> <td>341.0000</td> <td>0.8000</td> <td>0.0050</td> <td>0.3157</td> <td>0.0000</td> <td>0.2632</td> <td>0.0000</td> <td>0.0048</td> <td>0.0050</td> <td>0.5837</td> <td>3.8000</td> <td>0.0191</td> <td>2.2182</td> <td>0.0010</td> <td>0.1109</td> <td>0.0365</td> <td>2.2603</td> <td>4.5884</td> <td>4.5884</td> <td>Tramo Final</td> </tr> <tr> <td><b>PTAR</b></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr>																												<b>A15</b>	69.9000	3767.6900	0.3100	18.8220		0.6580		0.0120	0.3100	19.4920	17.4944	5.4233	341.0000	0.8000	0.0050	0.3157	0.0000	0.2632	0.0000	0.0048	0.0050	0.5837	3.8000	0.0191	2.2182	0.0010	0.1109	0.0365	2.2603	4.5884	4.5884	Tramo Final	<b>PTAR</b>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
<b>A15</b>	69.9000	3767.6900	0.3100	18.8220		0.6580		0.0120	0.3100	19.4920	17.4944	5.4233	341.0000	0.8000	0.0050	0.3157	0.0000	0.2632	0.0000	0.0048	0.0050	0.5837	3.8000	0.0191	2.2182	0.0010	0.1109	0.0365	2.2603	4.5884	4.5884	Tramo Final																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
<b>PTAR</b>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														

Fuente: El Autor

### 3.1.3.1.1.5 Diseño hidráulico

Tramo A15-PTAR

#### 3.1.3.1.1.5.1 Cálculo de la Pendiente del Terreno

$$J = \frac{C_i - C_f}{L_{\text{tubería}}} * 100\% \quad \text{Ecuación (23)}$$
$$J = \frac{3510.243 \text{ m} - 3505.659 \text{ m}}{60.90 \text{ m}} * 100\%$$
$$J = 7.53 \%$$

#### 3.1.3.1.1.5.2 Cálculo de la Pendiente del Proyecto

$$S = \frac{C_i - C_f}{L_{\text{tubería}}} * 100\% \quad \text{Ecuación (23)}$$
$$S = \frac{3506.493 \text{ m} - 3505.659 \text{ m}}{60.90 \text{ m}} * 100\%$$
$$S = 1.37 \%$$

Cumple con los límites de mínima y máxima pendiente calculados.

#### 3.1.3.1.1.5.3 Cálculo de la Pendiente mínima

$$V_{\text{mín}} = 0.60 \frac{\text{m}}{\text{seg}}$$
$$S_{\text{mín}} = \left( \frac{n * V_{\text{mín}}}{0.397 * D^{\frac{2}{3}}} \right)^2 \quad \text{Ecuación (24)}$$
$$S_{\text{mín}} = \left( \frac{0.013 * 0.60 \frac{\text{m}}{\text{seg}}}{0.397 * (0.20 \text{ m})^{\frac{2}{3}}} \right)^2$$
$$S_{\text{mín}} = 0.33\%$$

Se adopta como mínimo  $S_{\text{mín}} = 0.50\%$  para evitar problemas de sedimentación de sólidos.

#### 3.1.3.1.1.5.4 Cálculo de la Pendiente máxima

$$V_{\text{máx}} = 4.0 \frac{\text{m}}{\text{seg}}$$
$$S_{\text{máx}} = \left( \frac{n * V_{\text{máx}}}{0.397 * D^{\frac{2}{3}}} \right)^2 \quad \text{Ecuación (25)}$$
$$S_{\text{máx}} = \left( \frac{0.013 * 4.0 \frac{\text{m}}{\text{seg}}}{0.397 * (0.20 \text{ m})^{\frac{2}{3}}} \right)^2$$
$$S_{\text{máx}} = 14.68 \%$$

### 3.1.3.1.1.5.5 Cálculo del diámetro de la tubería

$$D = \left( \frac{Q_{ds} * n}{0.312 * S^{\frac{1}{2}}} \right)^{\frac{3}{8}} \quad \text{Ecuación (27)}$$

$$D = \left( \frac{0.00459 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}} * 0.013}{0.312 * (1.369)^{\frac{1}{2}}} \right)^{\frac{3}{8}}$$

$$D = 0.090 \text{ m} = 90 \text{ mm}$$

$$D_{\text{asumido}} = 200 \text{ mm}$$

### 3.1.3.1.1.5.6 Condiciones hidráulicas de conducción

#### 3.1.3.1.1.5.6.1 Cálculo de la Sección totalmente llena

#### Área mojada

$$A_{\text{TLL}} = \frac{\pi * D^2}{2} \quad \text{Ecuación (28)}$$

$$A_{\text{TLL}} = \frac{\pi * (0.20 \text{ m})^2}{2}$$

$$A_{\text{TLL}} = 0.031 \text{ m}^2$$

#### Perímetro mojado

$$P_{\text{mTLL}} = \pi * D \quad \text{Ecuación (29)}$$

$$P_{\text{mTLL}} = \pi * 0.20 \text{ m}$$

$$P_{\text{mTLL}} = 0.628 \text{ m}$$

#### Radio hidráulico

$$R_{\text{hTLL}} = \frac{A_{\text{TLL}}}{P_{\text{mTLL}}} = \frac{D}{4} \quad \text{Ecuación (30)}$$

$$R_{\text{hTLL}} = \frac{0.20 \text{ m}}{4}$$

$$R_{\text{hTLL}} = 0.05 \text{ m}$$

#### Velocidad

$$V_{\text{TLL}} = \frac{1}{n} * R_{\text{hTLL}}^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} \quad \text{Ecuación (31)}$$

$$V_{\text{TLL}} = \frac{1}{0.013} * (0.05)^{\frac{2}{3}} * (0.01369)^{\frac{1}{2}}$$

$$V_{TLL} = 1.22 \frac{m}{seg}$$

**Verificación**

$$V_{mín_{TLL}} < V_{TLL} < V_{máx_{TLL}}$$

$$0.60 \frac{m}{seg} < 1.22 \frac{m}{seg} < 4.0 \frac{m}{seg}$$

CUMPLE

**Caudal**

$$Q_{TLL} = \frac{1}{n} * Rh_{TLL}^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} * A_{TLL} \tag{Ecuación (32)}$$

$$Q_{TLL} = \frac{1}{n} * (0.05)^{\frac{2}{3}} * (0.01369)^{\frac{1}{2}} * 0.031$$

$$Q_{TLL} = 0.03838 \frac{m^3}{seg} = 38.38 \frac{lt}{seg}$$

**3.1.3.1.1.5.6.2 Cálculo de la Sección parcialmente llena**

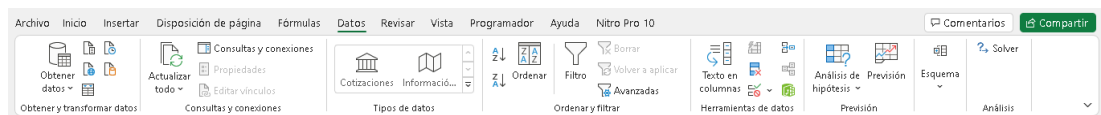
**Tirante de agua**

Para determinar el tirante de agua en la tubería se procederá mediante iteraciones hasta que se cumpla la siguiente igualdad Ecuación (35). En el Programa Microsoft Excel, ingresamos:

**Celda 1:** Valor de tirante arbitrario = 0.01 m

**Celda 2:** Ecuación de igualdad = 0.0005

En la interfaz del programa accedemos a la pestaña DATOS y después en la función SOLVER.

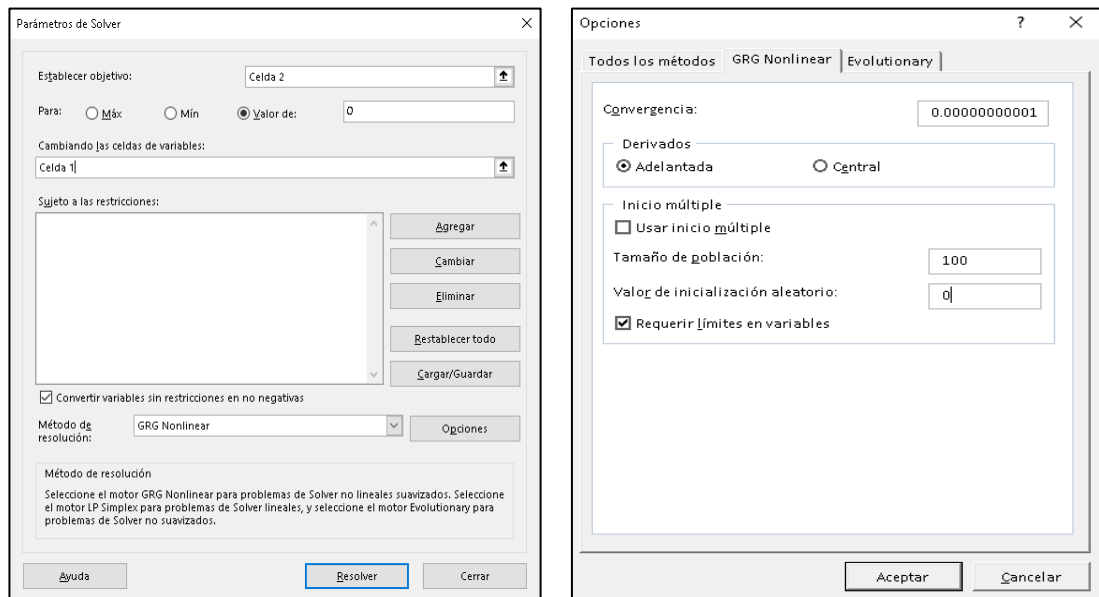


**Figura 62.** Microsoft Excel, cinta de opciones

**Fuente:** El Autor

En la ventana emergente seleccionamos como objetivo la celda 2 con el valor de 0, condición para que se cumpla la igualdad, y como celda variable establecemos a la celda 1. El nivel de precisión lo determinamos desplegando el botón de opciones y

definimos el valor de convergencia, en el cual mientras mayor sea el número de ceros a la izquierda, mayor será la precisión.



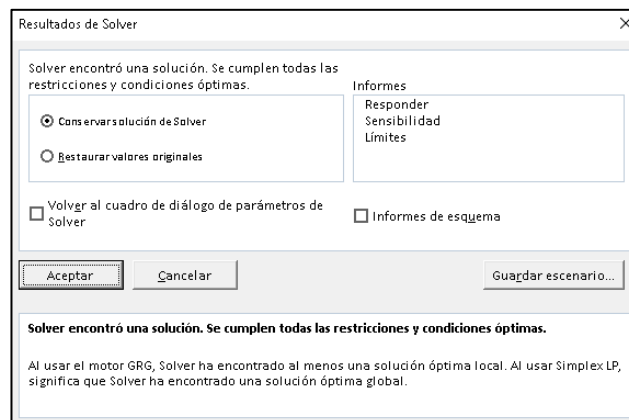
(a)

(b)

**Figura 63.** Cálculo del tirante (a) Parámetros de Solver, (b) Opciones de convergencia.

**Fuente:** El Autor

Oprimimos el botón RESOLVER para obtener la solución. La celda establecida como variable tomará el valor a la cual se cumple la igualdad en el nivel de precisión establecido. Para continuar con el siguiente el valor damos clic en la ventana ACEPTAR.



**Figura 64.** Aceptación de resultados Solver

**Fuente:** El Autor

## RESULTADOS

**Celda 1:** Valor de tirante = 0.0467 m

**Celda 2:** Igualdad = 0.000

### Relación y/D

$$\frac{Y}{D} \leq 0.80 \quad \text{Ecuación (34)}$$
$$\frac{0.0467 \text{ m}}{0.20 \text{ m}} \leq 0.80$$
$$0.23 \leq 0.80 \rightarrow \text{CUMPLE}$$

### Ángulo formado desde la superficie del agua al centro del tubo

$$\theta = 2 * \cos^{-1} \left( \frac{D/2 - Y}{D/2} \right) \quad \text{Ecuación (37)}$$
$$\theta = 2 * \cos^{-1} \left( \frac{0.20 \frac{\text{m}}{2} - 0.0467 \text{ m}}{0.20 \text{ m}/2} \right)$$
$$\theta = 2.017 \text{ rad}$$

### Área mojada

$$A_{pII} = \frac{D^2}{8} (\theta - \sin \theta) \quad \text{Ecuación (40)}$$
$$A_{pII} = \frac{(0.20 \text{ m})^2}{8} (2.017 \text{ rad} - \sin(2.017 \text{ rad}))$$
$$A_{pII} = 0.06 \text{ m}^2$$

### Perímetro mojado

$$P_{m_{pII}} = \frac{\theta * D}{2} \quad \text{Ecuación (41)}$$
$$P_{m_{pII}} = \frac{2.017 \text{ rad} * 0.20 \text{ m}}{2}$$
$$P_{m_{pII}} = 0.202 \text{ m}$$

### Radio hidráulico

$$R_{h_{pII}} = \frac{A_{pII}}{P_{m_{pII}}} \quad \text{Ecuación (42)}$$
$$R_{h_{pII}} = \frac{0.06 \text{ m}^2}{0.202 \text{ m}}$$
$$R_{h_{pII}} = 0.028 \text{ m}$$



## Velocidad

$$V_{p11} = \frac{1}{n} * Rh_{p11}^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} \quad \text{Ecuación (43)}$$

$$V_{p11} = \frac{1}{0.013} * (0.028)^{\frac{2}{3}} * (0.01369)^{\frac{1}{2}}$$

$$V_{p11} = 0.823 \frac{\text{m}}{\text{seg}}$$

### Verificación

$$V_{\text{mín}_{p11}} < V_{p11} < V_{\text{máx}_{p11}}$$

$$0.45 \frac{\text{m}}{\text{seg}} < 0.823 \frac{\text{m}}{\text{seg}} < 4.0 \frac{\text{m}}{\text{seg}}$$

CUMPLE

## Caudal

$$Q_{p11} = Q_{ds} = V_{p11} * A_{p11}$$

$$Q_{p11} = 0.823 \frac{\text{m}}{\text{seg}} * 0.06 \text{ m}^2$$

$$Q_{p11} = 0.00459 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}} = 4.59 \frac{\text{lt}}{\text{seg}}$$

Ecuación (44)

### 3.1.3.1.1.5.7 Tensión tractiva

$$\tau = \rho * g * Rh_{p11} * S \quad \text{Ecuación (45)}$$

$$\tau = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{seg}^2} * 0.028 \text{ m} * 0.0137$$

$$\tau = 3.71 \text{ Pa}$$

### Verificación

$$\tau > \tau_{\text{mín}}$$

$$3.71 \text{ Pa} > 1 \text{ Pa}$$

CUMPLE



**Tabla 79** Resultados de la verificación de la capacidad hidráulica de las redes del Sistema de Alcantarillado Sanitario (Continuación)

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL																																				
VERIFICACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO-ALCANTARILLADO SANITARIO																																				
PROYECTO:		DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE VIDA DE LA COMUNIDAD "EL SANTUARIO", PARROQUIA LA MATRIZ, CANTÓN QUERO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"																																		
UBICACIÓN:		QUERO TUNGURAHUA																																		
ELABORADO POR:		EDDOLUIS RICARDO MORITA TELJINCHANA										REVISADO POR:					Ing. Mg. LENIN GABRIEL SILVA PANTASIG					APROBADO POR:					Ing. Mg. GALO WILFRIDO NUÑOZ ALDAS			FECHA:					JULIO, 2022	
INFORMACIÓN BÁSICA DE DISEÑO														NOMENCLATURA																						
Tipo de tubería:		PVC		Pendiente mínima:		0.50		0.00		S:		Pendiente del Proyecto		O:		Ángulo formado en la tubería pil		ATLL:		Área mojada sección llena		y/D:		Relación de capacidad de trabajo de la sección												
Coef Manning:		0.013		YBZO:		1000.000		kg/ml		E:		Pendiente del Terreno		ApH:		Área mojada sección parcialmente llena		PMTLL:		Perímetro mojado sección llena		m:		Metros												
Vmax:		4.000		m/seg		K:		9.810		m/seg <sup>2</sup>		De Tubo:		Ángulo de corte excavación de tubería		PerH:		Perímetro mojado sección parcialmente llena		BMTLL:		Radio hidráulico sección llena		mca.n.m		Metros sobre el nivel al mar										
Vmin TLL:		0.600		m/seg		F mín:		0.60		Pa		Qd:		Caudal de diseño		RqHtL:		Radio hidráulico sección parcialmente llena		VTLL:		Velocidad sección llena		mm		Milímetros										
Vmin PLL:		0.450		m/seg		T mín:		1.00		Pa		Y:		Fuente/calado de agua		QpH:		Caudal sección parcialmente llena		QTLL:		Caudal sección llena		m <sup>3</sup>		Metros cúbicos										
Vmin rec:		0.450		m/seg		y/D máx:		80.000		%		D:		Diámetro		VpH:		Velocidad sección parcialmente llena		rt:		Tensión tractiva		m/seg:		Metros sobre segundo										
Pendiente máx:		14.000		0.00																																
DESCRIPCIÓN DEL TRAMO	LONGITUD [m]	DATOS TOPOGRÁFICOS			PENDIENTES			CAUDAL DE DISEÑO		DIÁMETRO		CONDICIONES HIDRÁULICAS DE CONDUCCIÓN										ESFUERZO CORTANTE		SALTO (m)		OBSERVACIONES										
		TERRENO (mca.n.m)	De Tub [m]	PROYECTO (mca.n.m)	Terreno [‰]	Proyecto [‰]	Verificación	Qt [l/seg]	D [mm]	TUBERÍA TOTALMENTE LLENA					TUBERÍA PARCIALMENTE LLENA					TENSION TRACTIVA		Valor de salto	TUBERÍA DE SALTO	MANTENIMIENTO												
No POZO									Calculado [mm]	Armadura [mm]	ATLL [m <sup>2</sup> ]	PMTLL [m <sup>2</sup> ]	VTLL [m/seg]	QTLL [l/seg]	Verificación	Y [cm]	y/D	Verificación	O [rad]	ApH [m <sup>2</sup> ]	PerH [m]	RqHtL [m]	QdL [l/seg]	VpH [m/seg]	Verificación	τ [Pa]	Verificación									
<b>Red aportante 4 al Ramal A</b>																																				
B5	96.810	3518.082	1.200	3516.882	1.812	2.478	Optima	1.500	0.001500	53.0346	200	0.031	0.628	0.050	1.643	51.631	Cumple	2.342	0.117	Cumple	1.397	0.002	0.140	0.01475	1.50000	0.728	Cumple	3.585	Cumple	0.260	No es necesario	Y= 2.34 cm - Necesita mantenimiento				
AB5		3516.323	1.840	3514.483																																
AB5	71.190	3516.323	2.400	3514.223	2.981	2.981	Optima	1.500	0.001500	51.2293	200	0.031	0.628	0.050	1.802	56.626	Cumple	2.240	0.112	Cumple	1.365	0.002	0.137	0.01415	1.50000	0.777	Cumple	4.136	Cumple	1.900	Si Tubería NOVALOC	Y= 2.24 cm - Necesita mantenimiento				
<b>Tramo que continua del RAMAL A</b>																																				
AR	39.610	3514.201	4.000	3510.201	2.118	0.659	Optima	1.592	0.001592	69.5266	200	0.031	0.628	0.050	0.847	26.624	Cumple	3.318	0.166	Cumple	1.678	0.003	0.168	0.02037	1.59232	0.466	Cumple	1.317	Cumple	0.000	No es necesario	Y= 3.32 cm - Necesita mantenimiento				
A9		3515.040	5.100	3509.940																																
A9	42.160	3515.040	5.100	3509.940	1.217	0.742	Optima	1.620	0.001620	68.4368	200	0.031	0.628	0.050	0.900	28.260	Cumple	3.250	0.163	Cumple	1.660	0.003	0.166	0.02000	1.62046	0.488	Cumple	1.456	Cumple	0.000	No es necesario	Y= 3.25 cm - Necesita mantenimiento				
<b>Red aportante 5 al Ramal A</b>																																				
B6	94.420	3514.549	1.200	3515.349	1.916	2.390	Optima	1.500	0.001500	53.3851	200	0.031	0.628	0.050	1.615	50.732	Cumple	2.361	0.118	Cumple	1.403	0.002	0.140	0.01486	1.50000	0.719	Cumple	3.489	Cumple	0.300	No es necesario	Y= 2.36 cm - Necesita mantenimiento				
AB6		3514.740	1.650	3513.090																																
<b>Red aportante 5.1 a la Red 5</b>																																				
AB5	57.340	3514.323	1.740	3514.583	2.761	3.040	Optima	1.500	0.001500	51.0414	200	0.031	0.628	0.050	1.820	57.184	Cumple	2.230	0.111	Cumple	1.362	0.002	0.136	0.01408	1.50000	0.782	Cumple	4.200	Cumple	0.050	No es necesario	Y= 2.23 cm - Necesita mantenimiento				
AB6		3514.740	1.940	3512.840																																
<b>Tramo que continua de la red aportante 5</b>																																				
AB6	31.280	3514.740	1.950	3512.790	0.681	10.112	Optima	1.500	0.001500	40.7426	200	0.031	0.628	0.050	3.320	104.286	Cumple	1.687	0.084	Cumple	1.178	0.001	0.118	0.01080	1.50000	1.195	Cumple	10.713	Cumple	0.000	No es necesario	Y= 1.69 cm - Necesita mantenimiento				
A10		3514.527	4.900	3509.627																																
<b>Tramo que continua del RAMAL A</b>																																				
A10	52.760	3514.527	4.900	3509.627	2.865	0.643	Optima	1.793	0.001793	73.0407	200	0.031	0.628	0.050	0.807	26.291	Cumple	3.438	0.177	Cumple	1.736	0.004	0.174	0.02160	1.79335	0.478	Cumple	1.362	Cumple	0.000	No es necesario	Y= 3.54 cm - Necesita mantenimiento				
A11		3512.488	3.200	3509.288																																
A11	74.010	3512.488	3.200	3509.288	4.544	1.842	Optima	1.865	0.001865	60.8434	200	0.031	0.628	0.050	1.417	44.510	Cumple	2.793	0.140	Cumple	1.532	0.003	0.153	0.01739	1.86516	0.701	Cumple	3.141	Cumple	0.000	No es necesario	Y= 2.79 cm - Necesita mantenimiento				
A12		3509.125	1.200	3507.925																																
A12	46.710	3509.125	1.200	3507.925	0.302	0.730	Optima	1.898	0.001898	72.8426	200	0.031	0.628	0.050	0.802	28.024	Cumple	3.426	0.176	Cumple	1.733	0.004	0.173	0.02153	1.89778	0.509	Cumple	1.542	Cumple	0.000	No es necesario	Y= 3.53 cm - Necesita mantenimiento				
A13		3508.984	1.400	3507.584																																
<b>RAMAL B aportante al RAMAL A</b>																																				
C2	40.790	3532.940	1.400	3531.450	15.715	15.984	Excesiva	1.500	0.001500	37.3906	200	0.031	0.628	0.050	4.174	131.129	Muy Alta	1.504	0.075	Cumple	1.111	0.001	0.111	0.00967	1.50000	1.396	Cumple	15.161	Cumple	0.000	No es necesario	Y= 1.5 cm - Necesita mantenimiento				
BC1		3526.530	1.600	3524.930																																
BC1	38.260	3526.530	1.600	3524.930	14.326	14.303	Optima	1.500	0.001500	38.0374	200	0.031	0.628	0.050	3.987	125.267	Cumple	1.337	0.077	Cumple	1.123	0.001	0.112	0.00987	1.50000	1.352	Cumple	14.130	Cumple	0.000	No es necesario	Y= 1.54 cm - Necesita mantenimiento				
B4		3521.049	1.700	3519.349																																
B4	66.090	3521.049	1.700	3519.349	4.489	4.202	Optima	1.500	0.001500	48.0352	200	0.031	0.628	0.050	2.140	67.232	Cumple	2.064	0.103	Cumple	1.308	0.002	0.131	0.01309	1.50000	0.876	Cumple	3.396	Cumple	0.000	No es necesario	Y= 2.06 cm - Necesita mantenimiento				
B5		3518.082	1.510	3516.572																																
<b>Red aportante 6 al Ramal B</b>																																				
C4	41.550	3528.704	1.200	3527.504	12.397	14.082	Optima	1.500	0.001500	38.2897	200	0.031	0.628	0.050	3.918	121.079	Cumple	1.550	0.077	Cumple	1.128	0.001	0.113	0.00995	1.50000	1.336	Cumple	13.750	Cumple	0.000	No es necesario	Y= 1.55 cm - Necesita mantenimiento				
BC2		3523.553	1.900	3521.653																																
BC2	36.560	3523.553	1.900	3521.653	14.964	13.898	Optima	1.500	0.001500	38.3843	200	0.031	0.628	0.050	3.892	122.271	Cumple	1.554	0.078	Cumple	1.130	0.001	0.113	0.00998	1.50000	1.330	Cumple	13.611	Cumple	0.000	No es necesario	Y= 1.55 cm - Necesita mantenimiento				
B5		3518.082	1.510	3516.572																																
<b>Tramo que continua del RAMAL B</b>																																				
B5	67.070	3518.082	1.510	3516.572	2.786	1.823	Optima	1.500	0.001500	56.1742	200	0.031	0.628	0.050	1.410	44.280	Cumple	2.520	0.126	Cumple	1.452	0.002	0.145	0.01580	1.50000	0.654	Cumple	2.826	Cumple	0.050	No es necesario	Y= 2.52 cm - Necesita mantenimiento				
B6		3516.549	1.200	3515.349																																
<b>RAMAL C aportante al RAMAL B</b>																																				
D1	67.340	3536.995	1.200	3535.795	4.256	4.959	Optima	1.500	0.001500	46.4967	200	0.031	0.628	0.050	2.334	73.329	Cumple	1.981	0.099	Cumple	1.281	0.002	0.128	0.01259	1.50000	0.931	Cumple	6.172	Cumple	0.000	No es necesario	Y= 1.88 cm - Necesita mantenimiento				
C1		3536.995	1.700	3535.295																																
C1	64.210	3536.995	1.700	3535.295	6.315	6.066	Optima	1.500	0.001500	44.8395	200	0.031	0.628	0.050	2.571	80.780	Cumple	1.892	0.095	Cumple	1.250	0.002	0.128	0.01205	1.50000	0.996	Cumple	7.170	Cumple	0.0						





### 3.1.3.1.2 Análisis de la capacidad hidráulica de las redes de recolección

El análisis del funcionamiento hidráulico de las redes de tuberías de recolección está basado en las normas de diseño vigentes, en donde los parámetros a ser verificados son: velocidades a tubo lleno y parcialmente lleno, pendientes, condiciones hidráulicas de funcionamiento y capacidad de arrastre de los sólidos.

En resumen, a continuación, se presenta los tramos de redes que no cumplen con alguno de los parámetros de diseño establecidos.

**Tabla 80** Tramos de tuberías que no cumplen los límites de pendientes.

DESCRIPCIÓN DEL TRAMO		DATOS TOPOGRÁFICOS			PENDIENTES		
No POZO	LONGITUD [m]	COTAS			Terreno	Proyecto	Verificación
		TERRENO [m.s.n.m]	Hc Tub [m]	PROYECTO [m.s.n.m]	J [0/00]	S [0/00]	
<b>C2</b>		3532.940	1.490	3531.450			
	40.790				15.715	15.984	Excesiva
<b>BC1</b>		3526.530	1.600	3524.930			
<b>DE1</b>		3532.585	0.620	3531.965			
	19.320				13.380	16.382	Excesiva
<b>DE2</b>		3530.000	1.200	3528.800			
<b>DE2</b>		3530.000	1.200	3528.800			
	39.810				0.281	0.281	Insuficiente
<b>E1</b>		3529.888	1.200	3528.688			
<b>D7</b>		3512.528	1.550	3510.978			
	25.220				9.060	17.784	Excesiva
<b>A15</b>		3510.243	3.750	3506.493			

Fuente: El Autor

**Tabla 81** Tramos de tuberías que no cumplen el límite de velocidad.

DESCRIPCIÓN DEL TRAMO		CONDICIONES HIDRÁULICAS DE CONDUCCIÓN					
No POZO	LONGITUD [m]	TUBERÍA TOTALMENTE LLENA			TUBERÍA PARCIALMENTE LLENA		
		Vtll [m/seg]	Qtll [lt/seg]	Verificación	Qpl [lt/seg]	Vpl [m/seg]	Verificación
<b>C2</b>							
	40.790	4.174	131.129	Muy Alta	1.50000	1.396	Cumple
<b>BC1</b>							
<b>DE1</b>							
	19.320	4.226	132.751	Muy Alta	1.50000	1.408	Cumple
<b>DE2</b>							
<b>DE2</b>							
	39.810	0.554	17.397	Muy Baja	1.50000	0.339	Muy Baja
<b>E1</b>							
<b>D7</b>							
	25.220	4.403	138.313	Muy Alta	1.50000	1.449	Cumple
<b>A15</b>							

Fuente: El Autor

Tomando en cuenta todas las consideraciones antes citadas, se establece que:

El sistema cumple con su función de recolectar, conducir y depositar las aguas servidas sanitarias en los puntos establecidos como descarga, sin embargo, existe tres tramos en los cuales se sobrepasa la pendiente máxima y uno en el cual es insuficiente lo que ocasiona que no se cumplan los límites superior e inferior de velocidad respectivamente, esto por una lado afecta a la integridad de las paredes de la tubería y por el otro, imposibilita el correcto arrastre de los sólidos.

Luego de las etapas de estudio desarrolladas hasta aquí, se recomienda el rediseño de los tramos que no se apegan a los criterios de diseño exigidos. Para este último fin se plantea el uso de tubería PVC, en los tramos donde se requiera el nuevo diseño y en aquellos en los cuales se vean afectados por las modificaciones de estos.

Los resultados del rediseño se muestran en la Tabla 82:





### 3.1.3.2 ETAPA 2: Planta de tratamiento de aguas residuales

#### 3.1.3.2.1 Análisis y comparación de resultados de la caracterización del agua residual con la normativa ambiental

Para verificar que la carga contaminante del efluente después de las unidades de tratamiento cumple con los límites permisibles para descargas de agua residual considerando su reuso agrícola (Tabla 29) según el TULSMA 2015 y en consecuencia validar o no el funcionamiento de la PTAR, se realiza un contraste con los resultados obtenidos de la caracterización del agua (Tabla 63 y Tabla 64 ) producto del análisis de laboratorio.

La comparación de los parámetros analizados frente al límite máximo dispuesto por la norma ambiental vigente (TULSMA 2015) se presenta en la Tabla 83, en la cual se puede evidenciar el incumplimiento de dos de los parámetros tomados en cuenta: parámetro de aceites y grasas y coliformes fecales.

**Tabla 83** Análisis comparativo de los resultados de la caracterización del agua frente al TULSMA 2015.

Parámetros	Unidades	Resultado Entrada	Resultado Salida	Criterio de calidad	Criterio de resultados
Aceites y grasas	mg /l	197.43	156.57	Ausencia	No cumple
Potencial de hidrogeno pH	-	7.47	7.97	6 a 9	Cumple
Coliformes fecales	NMP/100 ml	45000	10750	1000.0	No cumple

**Fuente:** El Autor

Debido a la carencia de caracterización de otros parámetros propios de las aguas residuales en la normativa nacional (TULSMA 15) sobre la que se soporta este análisis se emplea una comparación con la guía para aguas tratadas en el reuso agrícola y sus requerimientos de tratamiento desarrollada por la FAO. Las directrices físico – químicas empleadas para la interpretación de las aguas de riego clasifica la restricción de uso en tres niveles, los que se indican en la Tabla 84.

**Tabla 84** Guías sugeridas para aguas tratadas en el reúso agrícola y sus requerimientos de tratamiento, FAO 1999.

Tipo de reuso agrícola	Calidad del agua residual	Opción de tratamiento
Reuso agrícola en cultivos que se consumen y no se procesan comercialmente	pH 6.5-8.4 DBO <10 mg/L Turbiedad <2 UNT Coliformes fecales <14 NMP/100mL* Nematodos intestinales <1 huevos/L	Secundario, filtración, desinfección.
Reuso agrícola en cultivos que se consumen y se procesan comercialmente	pH 6.5-8.4 DBO <30 mg/L SST <30 mg/L Coliformes fecales <200 NMP/100mL	Secundario, desinfección.
Reuso agrícola en cultivos que no se consumen	pH 6.5-8.4 DBO <30 mg/L SST <30 mg/L Coliformes fecales <200 NMP/100mL	Secundario, desinfección.

\*Coliformes fecales NMP/100 mL: media geométrica de más de 10 muestras por mes; ninguna muestra debe ser mayor de 200 NMP/100

**Fuente:** FAO, 1999. Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento [54].

Teniendo en cuenta que los productos que se cultivan principalmente en la comunidad el Santuario son cebolla paiteña, cebolla blanca, papas y habas, se considera para el análisis el segundo nivel de reuso establecido por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (ONUAA o más conocida como FAO). Los resultados de la comparación se presentan en la Tabla 85, y se establece que DBO<sub>5</sub>, sólidos suspendidos y coliformes fecales no cumplen con el criterio de calidad.

**Tabla 85** Análisis comparativo de los resultados de la caracterización del agua frente a la FAO 1999.

Parámetros	Unidades	Resultado Entrada	Resultado Salida	Criterio de calidad	Criterio de resultados
Potencial de hidrogeno pH	-	7.47	7.97	6.5-8.4	Cumple
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	267	176	30	No cumple
Sólidos suspendidos	mg /l	447	295	30	No cumple
Coliformes fecales	NMP/100 ml	45000	10750	200	No cumple

**Fuente:** El Autor

### 3.1.3.2.2 Remoción de contaminantes presentes en el agua residual doméstica

El tren de depuración de la planta de tratamiento de la comunidad El Santuario, anteriormente descrito en el literal 3.1.2.2, cuenta con un porcentaje de remoción teórica de contaminantes que se muestra en la Tabla 86, la cual ha sido elaborada para la condición más desfavorable según los rangos recomendados que se especifican en la Tabla 25, con estos parámetros se ha determinado la calidad esperada en el efluente cuyos resultados se indican en la Tabla 87.

**Tabla 86** Remoción teórica de contaminantes-Tren de tratamiento actual.

Unidades de tratamiento	Eficiencia en la remoción de constituyentes, porcentaje						
	DBO	DQO	SST	P	N Org	NH <sub>3</sub> -N	Grasas y aceites
Tanque séptico	30	-	50	15	-	-	70
Filtros anaerobios	65	60	60	30	-	-	-
Lecho de secado de lodos	-	-	-	-	-	-	-
Remoción teórica Total	75.50	60	80	40.50	-	-	70

**Fuente:** El Autor

**Tabla 87** Remoción teórica de contaminantes .

Parámetros	Unidades	Resultado Entrada	Resultado Salida	Cantidad de remoción	% de remoción
Aceites y grasas	mg /l	197.43	59.23	138.20	70
Fósforo total	mg /l	9.5	5.65	3.85	40.50
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	267	65.42	201.59	75.50
DQO	mg /l	564	225.60	338.40	60
Sólidos suspendidos	mg /l	447	89.40	357.60	80
Nitrógeno total Kjeldahl	mg /l	99.5	99.5	0	0
Nitrógeno Amoniacal	mg /l	74.38	74.38	0	0

**Fuente:** El Autor

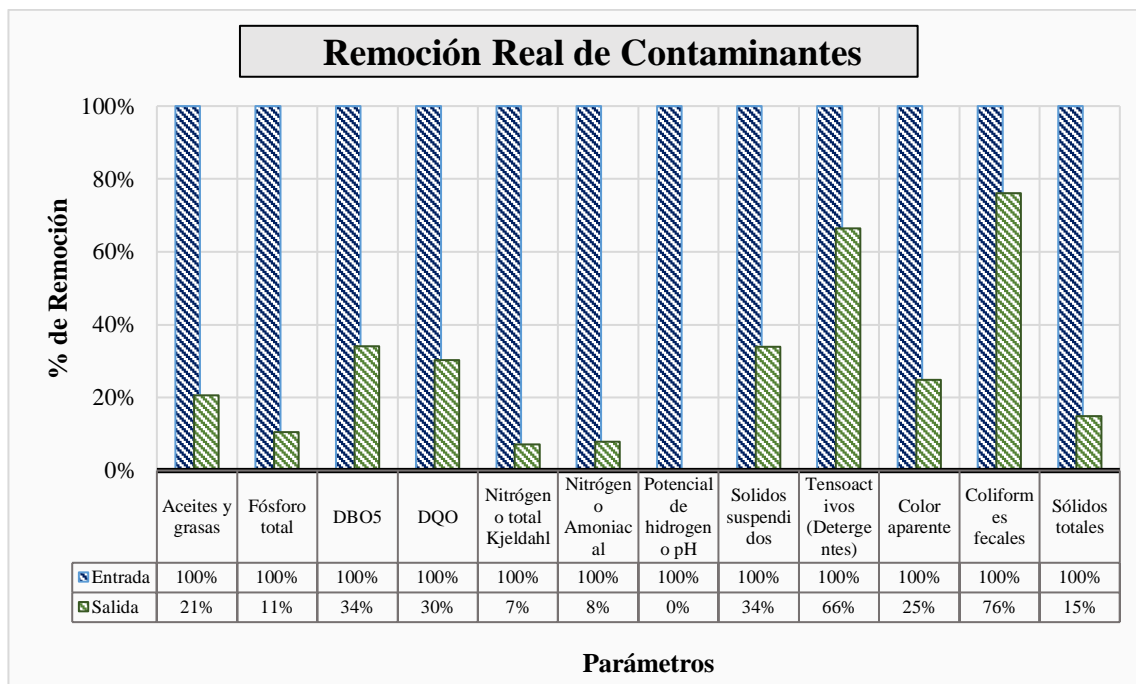
Adicionalmente, con el fin obtener un punto de vista más específico de la cantidad real de contaminantes que se reducen en el actual tren de tratamiento de agua

residual en la PTAR de El Santuario se realiza la Tabla 88 y se esquematiza en la Figura 65.

**Tabla 88** Remoción real de contaminantes

<b>Parámetros</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultado Entrada</b>	<b>Resultado Salida</b>	<b>Cantidad de remoción</b>	<b>% de remoción</b>
Aceites y grasas	mg /l	197.43	156.57	40.86	21%
Fósforo total	mg /l	9.5	8.5	1	11%
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	267	176	91	34%
DQO	mg /l	564	393	171	30%
Nitrógeno total Kjeldahl	mg /l	99.5	92.3	7.2	7%
Nitrógeno Amoniacal	mg /l	74.38	68.5	5.88	8%
Potencial de hidrogeno pH	-	7.47	7.97	-0.5 = 0	0%
Sólidos suspendidos	mg /l	447	295	152	34%
Tensoactivos (Detergentes)	mg /l	22.2	7.45	14.75	66%
Color aparente	Upt-Co	2570	1930	640	25%
Coliformes fecales	NMP/100 ml	45000	10750	34250	76%
Solidos totales	mg /l	828	704	124	15%

**Fuente:** El Autor



**Figura 65.** Esquema de remoción real de contaminantes

**Fuente:** El Autor

### 3.1.3.2.3 Verificación del funcionamiento teórico actual de la PTAR

#### 3.1.3.2.3.1 Caudal de diseño para la PTAR

Para realizar la verificación de funcionalidad de las unidades actuales para la descontaminación del agua residual se emplea como caudal de diseño el máximo caudal registrado en las campañas de medición, siendo este el máximo horario en el día de mayor demanda. Este corresponde a 0.75 lt/seg.

#### 3.1.3.2.3.2 Verificación del funcionamiento teórico del tanque séptico.

<b>DATOS</b>			
<b>Parámetro</b>	<b>Abreviatura</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Caudal de diseño	Qd	0.75	lt/seg
Altura de espacio libre	Hel	0.30	m
Población futura	Pf	341	Habitantes

#### 3.1.3.2.3.2.1 Caudal de aporte unitario de aguas residuales para el tanque séptico

$$Qd_{fosa} = \frac{Qd}{Pf} * 86400 \quad \text{Ecuación (97)}$$

$$Qd_{\text{fosa}} = \frac{0.00075 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{341 \text{ Hab}} * 86400$$

$$Qd_{\text{fosa}} = 190.03 \frac{\text{lt}}{\text{Hab} * \text{día}}$$

### 3.1.3.2.3.2.2 Período de retención hidráulica

$$PR = 1.5 - 0.3 * \text{Log}(Pf * Qd_{\text{fosa}}) \quad \text{Ecuación (98)}$$

$$PR = 1.5 - 0.3 * \text{Log}(341 \text{ Hab} * 190.03 \frac{\text{lt}}{\text{Hab} * \text{día}})$$

$$PR = 0.057 \text{ días}$$

Asumimos como período de retención mínimo PR = 0.25 días

### 3.1.3.2.3.2.3 Volúmenes del tanque séptico

#### 3.1.3.2.3.2.3.1 Volumen requerido para la sedimentación

$$Vrs = 10^{-3} * Pf * Qd_{\text{fosa}} * PR \quad \text{Ecuación (99)}$$

$$Vrs = 10^{-3} * 341 \text{ Hab} * 190.03 \frac{\text{lt}}{\text{Hab} * \text{día}} * 0.25 \text{ días}$$

$$Vrs = 16.2 \text{ m}^3$$

#### 3.1.3.2.3.2.3.2 Volumen de digestión y almacenamiento de lodos

$$Vd = G * 10^{-3} * Pf * N \quad \text{Ecuación (100)}$$

$$Vd = 50 \frac{\text{lt}}{\text{Hab} * \text{año}} * 10^{-3} * 341 \text{ Hab} * 1 \text{ año}$$

$$Vd = 17.05 \text{ m}^3$$

#### 3.1.3.2.3.2.3.3 Volumen de natas [Vn]

Se considera un valor mínimo de 0.7 m<sup>3</sup>.

#### 3.1.3.2.3.2.3.4 Volumen neto del tanque séptico

$$Vts = Vn + Vd + Vrs \quad \text{Ecuación (101)}$$

$$Vts = (0.70 + 17.05 + 16.20) \text{ m}^3$$

$$Vts = 33.95 \text{ m}^3$$

### 3.1.3.2.3.2.4 Dimensiones del tanque séptico

#### 3.1.3.2.3.2.4.1 Área superficial del tanque séptico.

Adoptamos una altura de 2.0 m como mínima.

$$As = \frac{Vts}{h_{\text{asum}}} \quad \text{Ecuación (102)}$$

$$As = \frac{33.95 \text{ m}^3}{2.0 \text{ m}}$$

$$As = 16.98 \text{ m}^2$$

### 3.1.3.2.3.2.4.2 Estimación de largo y ancho del tanque séptico

La selección de las dimensiones se las hace en base a las recomendaciones de diseño indicadas en el literal 1.1.4.8.5.2.

#### Ancho del tanque séptico

$$A_{TS} = \sqrt{\frac{As}{3}} \quad \text{Ecuación (105)}$$

$$A_{TS} = \sqrt{\frac{16.98 \text{ m}^2}{3}}$$

$$A_{TS} = 2.38 \text{ m} \approx 2.40 \text{ m}$$

#### Longitud del tanque séptico

$$L_{TS} = 3 * A_{TS} \quad \text{Ecuación (104)}$$

$$L_{TS} = 3 * 2.40 \text{ m}$$

$$L_{TS} = 7.20 \text{ m}$$

#### Verificación de la relación Largo-Ancho.

$$2 < \frac{L_{TS}}{A_{TS}} < 4$$

$$2 < \frac{7.20 \text{ m}}{2.40 \text{ m}} < 4$$

$$2 < 3 < 4 \quad \text{CUMPLE}$$

#### Área superficial real del tanque séptico.

$$As = L_{TS} * A_{TS} \quad \text{Ecuación (103)}$$

$$As = 7.20 \text{ m} * 2.40 \text{ m}$$

$$As = 17.28 \text{ m}^2$$

### 3.1.3.2.3.2.5 Profundidades del tanque séptico

#### 3.1.3.2.3.2.5.1 Profundidad máxima de espuma y natas sumergidas

$$He = \frac{0.7}{As} \quad \text{Ecuación (106)}$$

$$He = \frac{0.7}{17.28 \text{ m}^2}$$

$$He = 0.041 \text{ m}$$

#### 3.1.3.2.3.2.5.2 Profundidad libre de espuma sumergida [Hes]

$$Hes = 0.10 \text{ m}$$

### **3.1.3.2.3.2.5.3 Profundidad libre de lodo**

$$H_o = 0.82 - 0.26 * A_s \quad \text{Ecuación (107)}$$

$$H_o = 0.82 - 0.26 * 17.28 \text{ m}^2$$

$$H_o = -3.67 \text{ m}$$

Adoptamos el valor mínimo

$$H_o = 0.30 \text{ m}$$

### **3.1.3.2.3.2.5.4 Profundidad mínima requerida para la sedimentación**

$$H_s = \frac{V_{rs}}{A_s} \quad \text{Ecuación (108)}$$

$$H_s = \frac{16.20 \text{ m}^3}{17.28 \text{ m}^2}$$

$$H_s = 0.94 \text{ m}$$

### **3.1.3.2.3.2.5.5 Profundidad de espacio libre [Hl]**

Es el mayor valor entre:

1.  $H_s + H_o$  Ecuación (109)

$$0.10 \text{ m} + 0.30 \text{ m} = 0.40 \text{ m}$$

2.  $H_s = 0.94 \text{ m}$

$$H_l = 0.94 \text{ m}$$

### **3.1.3.2.3.2.5.6 Profundidad de digestión y almacenamiento de lodos**

$$H_d = \frac{V_d}{A_s} \quad \text{Ecuación (110)}$$

$$H_d = \frac{17.05 \text{ m}^3}{17.28 \text{ m}^2}$$

$$H_d = 0.99 \text{ m}$$

### **3.1.3.2.3.2.5.7 Profundidad efectiva del tanque séptico**

$$H_{TS} = H_d + H_l + H_e \quad \text{Ecuación (111)}$$

$$H_{TS} = 0.99 \text{ m} + 0.94 \text{ m} + 0.041 \text{ m}$$

$$H_{TS} = 1.96 \text{ m} \approx 2.00 \text{ m}$$

Debe considerarse adicionalmente la altura entre el nivel superior de natas y la superficie inferior de la losa  $H_{el}=0.30 \text{ m}$  como mínimo.

### **3.1.3.2.3.2.6 Volumen real del Tanque Séptico**

$$V_{R_{TS}} = L_{TS} * A_{TS} * H_{TS}$$

$$V_{R_{TS}} = 7.20 \text{ m} * 2.40 \text{ m} * 2.00 \text{ m}$$

$$V_{R_{TS}} = 34.56 \text{ m}^3$$



### 3.1.3.2.3.2.7 Volumen Actual del Tanque Séptico

$$VR_{TS} = L_{TS} * A_{TS} * H_{TS} \quad \text{Ecuación (112)}$$

$$VR_{TS} = 5.68 \text{ m} * 2.14 \text{ m} * 1.50 \text{ m}$$

$$VR_{TS} = 18.23 \text{ m}^3$$

**Tabla 89** Resultados-Funcionamiento teórico del tanque séptico.

Parámetro	Valor actual	Valor requerido	Unidad
Altura de espacio libre	0.40	$\geq 0.30$	m
Ancho	2.14	2.40	m
Largo	5.68	7.20	m
Profundidad efectiva	1.50	2.00	m
Volumen neto	18.23	34.56	m <sup>3</sup>

**Fuente:** El Autor

Las dimensiones actuales del tanque séptico no son suficientes para satisfacer la demanda de la comunidad El Santuario. Se evidencia que el volumen requerido es aproximadamente el doble del volumen actual por lo que es necesario realizar un redimensionamiento para cumplir con las recomendaciones teóricas de diseño.

### 3.1.3.2.3.3 Verificación del funcionamiento teórico del Filtro anaerobio de flujo ascendente

Para la evaluación del FAFA se empleará el procedimiento descrito en el Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Filtros Anaerobios de Flujo Ascendente, CONAGUA.

DATOS			
Parámetro	Abreviatura	Valor	Unidad
Caudal de diseño	Qd	0.75	lt/seg
Diámetro actual del FAFA	Da <sub>FAFA</sub>	3.05	m
Altura total actual del FAFA	Ha <sub>FAFA</sub>	2.00	m
Altura actual de fondo	Ha <sub>fondo</sub>	0.50	m
Altura actual de borde libre	Ha <sub>borde libre</sub>	0.90	m
DBO del afluente	So	267	mg/L

### 3.1.3.2.3.3.1 Altura del medio filtrante

$$H_{\text{empaquete}} = H_{\text{FAFA}} - H_{\text{fondo}} - H_{\text{borde libre}} \quad \text{Ecuación (161)}$$

$$H_{\text{empaquete}} = 2.0 \text{ m} - 0.50 \text{ m} - 0.90 \text{ m}$$

$$H_{\text{empaquete}} = 0.60 \text{ m}$$

### 3.1.3.2.3.3.2 Área superficial del FAFA

$$A_{\text{FAFA}} = \frac{\pi * (D_{\text{FAFA}})^2}{4} \quad \text{Ecuación (162)}$$

$$A_{\text{FAFA}} = \frac{\pi * (3.05 \text{ m})^2}{4}$$

$$A_{\text{FAFA}} = 7.31 \text{ m}^2$$

### 3.1.3.2.3.3.3 Volumen total del FAFA

$$V_{\text{FAFA}} = A_{\text{FAFA}} * H_{\text{FAFA}} \quad \text{Ecuación (163)}$$

$$V_{\text{FAFA}} = 7.31 \text{ m}^2 * 2.0 \text{ m}$$

$$V_{\text{FAFA}} = 14.61 \text{ m}^3$$

### 3.1.3.2.3.3.4 Volumen del medio filtrante o empaque

$$V_{\text{mf}} = A_{\text{FAFA}} * H_{\text{empaquete}} \quad \text{Ecuación (164)}$$

$$V_{\text{mf}} = 7.31 \text{ m}^2 * 0.60 \text{ m}$$

$$V_{\text{mf}} = 4.38 \text{ m}^3$$

### 3.1.3.2.3.3.5 Intervalo de caudales de trabajo del filtro

**Caudal Máximo:**  $COV_{\text{máx}} = 0.75 \text{ kg de DBO m}^3 / \text{d}$

$$Q_{\text{máx}} = \frac{V_{\text{mf}} * COV_{\text{máx}}}{S_o} \quad \text{Ecuación (165)}$$

$$Q_{\text{máx}} = \frac{4.38 \text{ m}^3 * 0.75 \frac{\text{kg DBO}}{\text{m}^3 * \text{d}}}{0.267 \frac{\text{kg DBO}}{\text{m}^3}}$$

$$Q_{\text{máx}} = 0.00014 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}} \approx 0.14 \frac{\text{lt}}{\text{seg}}$$

**Caudal Mínimo:**  $COV_{\text{mín}} = 0.25 \text{ kg de DBO m}^3 / \text{d}$

$$Q_{\text{mín}} = \frac{V_{\text{mf}} * COV_{\text{mín}}}{S_o} \quad \text{Ecuación (166)}$$

$$Q_{\text{mín}} = \frac{4.38 \text{ m}^3 * 0.25 \frac{\text{kg DBO}}{\text{m}^3 * \text{d}}}{0.267 \frac{\text{kg DBO}}{\text{m}^3}}$$

$$Q_{\text{mín}} = 0.000048 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}} \approx 0.048 \frac{\text{lt}}{\text{seg}}$$

### 3.1.3.2.3.3.6 Tiempos de residencia hidráulica

**Tiempo de residencia máximo:**

$$TRH_{\text{máx}} = \frac{V_{\text{mf}}}{Q_{\text{mín}}} \quad \text{Ecuación (167)}$$

$$TRH_{\text{máx}} = \frac{4.38 \text{ m}^3}{0.000047 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}}$$

$$TRH_{\text{máx}} = 92275.2 \text{ seg} \approx 25.63 \text{ hr}$$

**Tiempo de residencia mínimo:**

$$TRH_{\text{mín}} = \frac{V_{\text{mf}}}{Q_{\text{máx}}} \quad \text{Ecuación (168)}$$

$$TRH_{\text{mín}} = \frac{4.38 \text{ m}^3}{0.00014 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}}$$

$$TRH_{\text{mín}} = 30758.4 \text{ seg} \approx 8.54 \text{ hr}$$

**Tiempo de residencia actual:**

$$TRH_{\text{actual}} = \frac{V_{\text{mf}}}{Q_{\text{d}}} \quad \text{Ecuación (169)}$$

$$TRH_{\text{actual}} = \frac{4.38 \text{ m}^3}{0.00075 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}}$$

$$TRH_{\text{actual}} = 5844.93 \text{ seg} \approx 1.62 \text{ hr}$$

### 3.1.3.2.3.3.7 Eficiencias de remoción de DBO esperadas

**Eficiencia máxima:**

$$E_{\text{máx}} = 100 * [1 - 0.87 * (TRH_{\text{máx}})^{-0.5}] \quad \text{Ecuación (170)}$$

$$E_{\text{máx}} = 100 * [1 - 0.87 * (25.63 \text{ hr})^{-0.5}]$$

$$E_{\text{máx}} = 82.82 \%$$

**Eficiencia mínima:**

$$E_{\text{mín}} = 100 * [1 - 0.87 * (TRH_{\text{mín}})^{-0.5}] \quad \text{Ecuación (171)}$$

$$E_{\text{mín}} = 100 * [1 - 0.87 * (8.54 \text{ hr})^{-0.5}]$$

$$E_{\text{mín}} = 70.24 \%$$

**Eficiencia actual:**

$$E_{\text{actual}} = 100 * [1 - 0.87 * (TRH_{\text{actual}})^{-0.5}] \quad \text{Ecuación (172)}$$

$$E_{\text{actual}} = 100 * [1 - 0.87 * (1.62 \text{ hr})^{-0.5}]$$

$$E_{\text{actual}} = 31.72 \%$$

### 3.1.3.2.3.3.8 Concentraciones de DBO esperadas en el efluente

**Concentración máxima esperada:**

$$DBO_{\text{máx-ef}} = S_0 - \frac{E_{\text{máx}} * S_0}{100} \quad \text{Ecuación (173)}$$

$$DBO_{\text{máx-ef}} = 0.267 \frac{\text{kg DBO}}{\text{m}^3} - \frac{82.82 \% * 0.267 \frac{\text{kg DBO}}{\text{m}^3}}{100}$$

$$DBO_{\text{máx-ef}} = 0.07947 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \approx 79.47 \frac{\text{mg}}{\text{lt}}$$

### Concentración mínima esperada:

$$DBO_{\text{mín-ef}} = S_o - \frac{E_{\text{mín}} * S_o}{100} \quad \text{Ecuación (174)}$$

$$DBO_{\text{mín-ef}} = 0.267 \frac{\text{kg DBO}}{\text{m}^3} - \frac{70.24 \% * 0.267 \frac{\text{kg DBO}}{\text{m}^3}}{100}$$

$$DBO_{\text{mín-ef}} = 0.04588 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \approx 45.88 \frac{\text{mg}}{\text{lt}}$$

### Concentración actual:

$$DBO_{\text{actual-ef}} = S_o - \frac{E_{\text{actual}} * S_o}{100} \quad \text{Ecuación (175)}$$

$$DBO_{\text{actual-ef}} = 0.267 \frac{\text{kg DBO}}{\text{m}^3} - \frac{31.72 \% * 0.267 \frac{\text{kg DBO}}{\text{m}^3}}{100}$$

$$DBO_{\text{actual-ef}} = 0.1823 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \approx 182.30 \frac{\text{mg}}{\text{lt}}$$

#### 3.1.3.2.3.3.9 Carga orgánica volumétrica

### Carga Orgánica Volumétrica actual del medio filtrante:

$$COV_{\text{mf}} = \frac{Q_d * S_o}{V_{\text{mf}}} \quad \text{Ecuación (122)}$$

$$COV_{\text{mf}} = \frac{0.00075 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}} * 0.267 \frac{\text{kg DBO}}{\text{m}^3}}{4.38 \text{ m}^3}$$

$$COV_{\text{mf}} = 3.95 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3 * \text{d}}$$

### Carga Orgánica Volumétrica actual de todo el FAFA:

$$COV = \frac{Q_d * S_o}{V_{\text{FAFA}}} \quad \text{Ecuación (121)}$$

$$COV = \frac{0.00075 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}} * 0.267 \frac{\text{kg DBO}}{\text{m}^3}}{14.61 \text{ m}^3}$$

$$COV = 1.18 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3 * \text{d}}$$

#### 3.1.3.2.3.3.10 Carga hidráulica superficial

### Carga hidráulica superficial máxima:

$$CHS = \frac{Q_{\text{máx}}}{A_{\text{FAFA}}} \quad \text{Ecuación (176)}$$

$$CHS = \frac{0.000143 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}}{7.31 \text{ m}^2}$$

$$CHS = 1.69 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 * \text{d}}$$

**Carga hidráulica superficial mínima:**

$$CHS = \frac{Q_{\text{mín}}}{A_{\text{FAFA}}} \quad \text{Ecuación (177)}$$

$$CHS = \frac{0.000048 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}}{7.31 \text{ m}^2}$$

$$CHS = 0.56 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 * \text{d}}$$

**Carga hidráulica superficial máxima:**

$$CHS = \frac{Q_d}{A_{\text{FAFA}}} \quad \text{Ecuación (178)}$$

$$CHS = \frac{0.00075 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}}{7.31 \text{ m}^2}$$

$$CHS = 8.89 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 * \text{d}}$$

**Tabla 90** Resultados-Funcionamiento teórico del Filtro anaerobio de flujo ascendente.

Parámetro	Valor actual	Valor requerido	Unidad
Caudal de trabajo	0.75	Mín: 0.047	lt/seg
		Máx: 0.14	
Tiempo de residencia hidráulica	1.62	Mín: 8.54	hr
		Máx: 25.63	
Eficiencia de remoción de DBO	31.72	Mín: 70.24	%
		Máx: 82.82	
Concentración de DBO esperadas en el efluente	182.30	Mín: 45.88	mg/lt
		Máx: 79.47	
Carga orgánica volumétrica del medio filtrante	3.95	Mín: 0.25	Kg/m <sup>3</sup> *d
		Máx: 0.75	
Carga orgánica volumétrica de todo el FAFA	1.18	Mín: 0.25	Kg/m <sup>3</sup> *d
		Máx: 0.75	
Carga hidráulica superficial	8.87	Mín: 0.56	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> *d
		Máx: 1.69	

**Fuente:** El Autor

El Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente no es funcional pues no tiene la capacidad de tratamiento requerido por el afluente, esto se evidencia claramente en los resultados presentados en la Tabla 90, donde se puede observar que no se cumple ninguno de los criterios solicitados, siendo entonces necesario un rediseño de sus dimensiones.

### 3.1.3.2.3.4 Verificación del funcionamiento teórico del Lecho de secado de lodos

DATOS			
Parámetro	Abreviatura	Valor	Unidad
Caudal de diseño	Qd	0.75	lt/seg
Sólidos Suspendidos	SS	447	mg/lt
Densidad o peso específico de los lodos	$\rho_{\text{lodo}}$	1.04	kg/lt
Porcentaje de sólidos contenidos en el lodo	% de lodos	12	%
Profundidad de aplicación	$Ha_{Ls}$	0.40	m
Longitud actual	$La_{Ls}$	3.00	m
Ancho actual	$Aa_{Ls}$	2.20	m
Profundidad de aplicación actual	$Haa_{Ls}$	0.42	m

#### 3.1.3.2.3.4.1 Carga de sólidos que ingresan al sedimentador

Carga de sólidos o carga contaminante en base al criterio a.

$$C = Qd * SS \quad \text{Ecuación (153)}$$

$$C = 0.75 \frac{\text{lt}}{\text{seg}} * 447 \frac{\text{mg}}{\text{lt}}$$

$$C = 335.25 \frac{\text{mg}}{\text{lt}} \approx 28.97 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

#### 3.1.3.2.3.4.2 Masa de sólidos que conforman los lodos

$$Msd = (0.5 * 0.7 * 0.5 * C) + (0.5 * 0.3 * C) \quad \text{Ecuación (155)}$$

$$Msd = \left( 0.5 * 0.7 * 0.5 * 28.97 \frac{\text{kg}}{\text{día}} \right) + (0.5 * 0.3 * 28.97 \frac{\text{kg}}{\text{día}})$$

$$Msd = 9.41 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

### 3.1.3.2.3.4.3 Volumen diario de lodos digeridos

$$Vld = \frac{Msd}{\rho_{lodo} * \left(\frac{\% \text{ de lodos}}{100}\right)} \quad \text{Ecuación (156)}$$

$$Vld = \frac{9.41 \frac{\text{kg}}{\text{día}}}{1.04 \frac{\text{kg}}{\text{lt}} * \left(\frac{12}{100}\right)}$$

$$Vld = 75.43 \frac{\text{lt}}{\text{día}}$$

### 3.1.3.2.3.4.4 Tiempo requerido para digestión de lodos [Td]

Para una temperatura de 15 °C el tiempo de digestión señalado en la Tabla 52 es:

$$Td = 55 \text{ dias}$$

### 3.1.3.2.3.4.5 Volumen de lodos a extraerse del tanque

$$Vel = \frac{Vld * Td}{1000} \quad \text{Ecuación (157)}$$

$$Vel = \frac{75.43 \frac{\text{lt}}{\text{día}} * 55 \text{ dias}}{1000}$$

$$Vel = 4.15 \text{ m}^3$$

### 3.1.3.2.3.4.6 Volumen actual de lodos a extraerse del tanque

$$Vel_{act} = La_{LS} * Aa_{LS} * Haa_{LS} \quad \text{Ecuación (179)}$$

$$Vel_{act} = 3.0 \text{ m} * 2.20 \text{ m} * 0.42 \text{ m}$$

$$Vel_{act} = 2.64 \text{ m}^2$$

### 3.1.3.2.3.4.7 Área teórica del lecho de secado

El valor de Ha está tomado según lo recomendado en la Tabla 17.

$$Ar_{LS} = \frac{Vel}{Ha} \quad \text{Ecuación (158)}$$

$$Ar_{LS} = \frac{4.15 \text{ m}^3}{0.40 \text{ m}}$$

$$Ar_{LS} = 10.37 \text{ m}^2$$

### 3.1.3.2.3.4.8 Área Actual del lecho de secado

$$Ara_{LS} = La_{LS} * Aa_{LS} \quad \text{Ecuación (180)}$$

$$Ara_{LS} = 3.0 \text{ m} * 2.20 \text{ m}$$

$$Ara_{LS} = 6.60 \text{ m}^2$$

### 3.1.3.2.3.4.9 Ancho del lecho de secado

Se estima en base a las recomendaciones indicadas en la Tabla 17.

$$A_{LS} = 4.0 \text{ m}$$

### 3.1.3.2.3.4.10 Largo del lecho de secado

$$L_{LS} = \frac{A_{rLS}}{A_{LS}} \quad \text{Ecuación (159)}$$

$$L_{LS} = \frac{10.37 \text{ m}^2}{4.0 \text{ m}}$$

$$L_{LS} = 2.59 \text{ m}$$

**Tabla 91** Resultados-Funcionamiento teórico del Lecho de secado de lodos.

Parámetro	Valor actual	Valor requerido	Unidad
Área del lecho de secado	6.60	10.37	m <sup>2</sup>
Volumen de lodos a extraerse del lecho	2.64	4.15	m <sup>3</sup>
Longitud	3.00	2.60	m
Ancho	2.20	4.00	m
Profundidad de aplicación	0.42	0.40	m

**Fuente:** El Autor

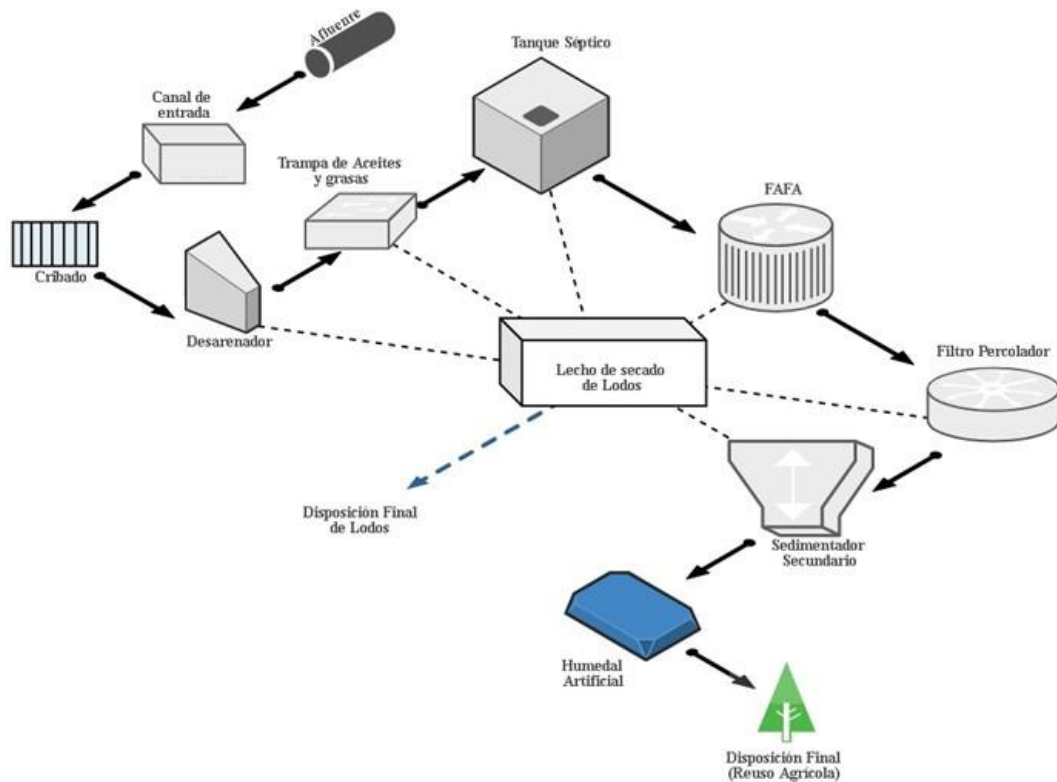
Las dimensiones actuales del lecho de secado de lodos resultan insuficientes pues no satisfacen el área y el volumen requeridos para la cantidad de sólidos. Lo expuesto anteriormente se evidencia en los resultados presentados en la Tabla 91, obtenidos en base a la guía de diseño de la Organización Panamericana de la Salud y el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (OPS/CEPIS).



### 3.1.3.2.4 Propuesta de mejora

Los resultados obtenidos de la caracterización del agua residual y la verificación del funcionamiento teórico de las unidades de tratamiento han evidenciado la necesidad de incorporar nuevos procesos y operaciones unitarias para mejorar el efluente, además del mejoramiento de las unidades actuales para incrementar su eficiencia y obtener un tren de tratamiento idóneo del agua residual.

Para conseguir el fin propuesto se plantea un sistema de tratamiento constituido por: caja o canal de entrada, cribado, desarenador, trampa de grasas, sedimentador primario(Tanque séptico), filtro anaerobio de flujo ascendente, filtro percolador, sedimentador secundario, humedal artificial y lecho de secado de lodos.



**Figura 66.** Tren de tratamiento propuesto para la PTAR

**Fuente:** El Autor

Conforme a la alternativa propuesta, se determina la eficiencia en cada una de las etapas y grado de remoción total del sistema y, además, con el propósito de obtener los valores de cargas contaminantes para su correspondiente diseño se estimó el valor de remoción teórico al final de cada proceso u operación unitaria de tratamiento, los resultados se muestran en las Tabla 92, Tabla 93 .

**Tabla 92** Remoción teórica de contaminantes-Propuesta de tratamiento.

Unidades de Tratamiento	Eficiencia en la remoción de constituyentes, porcentaje						
	DBO	DQO	SS	P	N-Org	NH3 -N	Aceites y grasas
Rejilla	0	0	0	0	0	0	0
Desarenador	0	0	0	0	0	0	0
Trampa de aceites y grasas	0	0	10	0	0	0	85
Tanque séptico	30	0	50	15	0	0	70
Filtro anaerobio de flujo ascendente	65	60	60	30	0	0	0
Filtro Percolador	65	55	60	8	15	8	0
Sedimentador Secundario	0	0	0	0	0	0	0
Humedal artificial	97.80	92.70	97.50	96.90	0	91.50	0
Lecho de secado de Lodos	0	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>99.81</b>	<b>98.69</b>	<b>99.82</b>	<b>98.30</b>	<b>15.00</b>	<b>92.18</b>	<b>95.50</b>

**Fuente:** El Autor

**Tabla 93** Concentración final de constituyentes en cada proceso.

Unidades de Tratamiento	Concentración teórica de constituyentes a la salida de cada proceso						
	DBO	DQO	SS	P	N-Org	NH3 -N	Aceites y grasas
	mg O <sub>2</sub> /l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Valor de muestra de entrada	267	564	447	9.50	25.12	74.38	197.43
Rejilla	267	564	447	9.50	25.12	74.38	197.43
Desarenador	267	564	447	9.50	25.12	74.38	197.43
Trampa de aceites y grasas	267	564	402.30	9.50	25.12	74.38	29.61
Tanque séptico	186.9	564	201.15	8.08	25.12	74.38	8.88
Filtro anaerobio de flujo ascendente	65.42	225.60	80.46	5.65	25.12	74.38	8.88
Filtro Percolador	22.90	101.52	32.18	5.20	21.35	68.43	8.88
Sedimentador Secundario	22.90	101.52	32.18	5.20	21.35	68.43	8.88
Humedal artificial	0.50	7.41	0.80	0.16	21.35	5.82	8.88
Lecho de secado de Lodos	0.50	7.41	0.80	0.16	21.35	5.82	8.88

**Fuente:** El Autor

### 3.1.3.2.5 Diseño de procesos y operaciones unitarias de la propuesta de tratamiento para la PTAR

#### 3.1.3.2.5.1 CAUDAL DE DISEÑO PARA LA PTAR

En consideración a la enorme diferencia entre el caudal máximo resultante de las campañas de medición y el máximo calculado proveniente del sistema de alcantarillado (elevado por el caudal de infiltración), el caudal de diseño para las unidades de tratamiento de la propuesta se asume como a la media aritmética de dichos valores. Con ello no se sub dimensiona ni sobre dimensiona las unidades.

$$Q_d = \frac{Q_{\text{alcantarillado}} + Q_{\text{máx campaña}}}{2}$$

$$Q_d = \frac{4.59 \frac{\text{lt}}{\text{seg}} + 0.75 \frac{\text{lt}}{\text{seg}}}{2}$$

$$Q_d = 2.67 \frac{\text{lt}}{\text{seg}}$$

#### 3.1.3.2.5.2 CÁLCULO DEL CANAL DE ENTRADA

DATOS			
Parámetro	Abreviatura	Valor	Unidad
Caudal de diseño	Qd	2.67	lt/seg
Diámetro del emisor	D	200	mm
Velocidad de aproximación	V <sub>ar</sub>	0.45	m/seg
Base del canal de llegada asumida	B <sub>c</sub>	0.50	m
Altura de borde	H <sub>s</sub>	0.30	m
Tiempo de retención	Tr	30	seg

##### 3.1.3.2.5.2.1 Área mojada del canal

$$A_m = \frac{Q_d}{V_{ar}} \quad \text{Ecuación (46)}$$

$$A_m = \frac{0.00267 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}}{0.45 \frac{\text{m}}{\text{seg}}}$$

$$A_m = 0.0059 \text{ m}^2$$

### 3.1.3.2.5.2.2 Tirante de agua en el canal

$$h = \frac{A_m}{B_c} \quad \text{Ecuación (47)}$$

$$h = \frac{0.0059 \text{ m}^2}{0.50 \text{ m}}$$

$$h = 0.012 \text{ m}$$

### 3.1.3.2.5.2.3 Altura total del canal

$$H_c = h + H_s \quad \text{Ecuación (48)}$$

$$H_c = 0.0090 \text{ m} + 0.30 \text{ m}$$

$$H_c = 0.31 \text{ m}$$

Se adopta una altura constructiva de  $H_c=0.60 \text{ m}$  para considerar el espacio de la tubería emisora.

### 3.1.3.2.5.2.4 Volumen del canal

$$V_c = Q_d * T_r \quad \text{Ecuación (49)}$$

$$V_c = 2.67 \frac{\text{lt}}{\text{seg}} * 30 \text{ seg}$$

$$V_c = 0.08 \text{ m}^3$$

### 3.1.3.2.5.2.5 Longitud del canal

$$L_c = \frac{V_c}{H_c * B_c} \quad \text{Ecuación (50)}$$

$$L_c = \frac{0.08 \text{ m}^3}{0.60 \text{ m} * 0.50 \text{ m}}$$

$$L_c = 0.27 \text{ m}$$

Se adopta una longitud constructiva de  $L_c=0.50 \text{ m}$ .

**Tabla 94** Resultado de dimensiones del Canal de entrada

Parámetro	Abreviatura	Valor	Unidad
Base del canal de entrada	Bc	0.50	m
Altura del canal de entrada	Hc	0.60	m
Longitud del canal	Lc	0.50	m

**Fuente:** El Autor

### 3.1.3.2.5.3 CÁLCULO DEL CRIBADO (REJILLAS)

DATOS			
Parámetro	Abreviatura	Valor	Unidad
Caudal de diseño	Qd	2.67	lt/seg
Diámetro del emisor	D	200	mm
Velocidad de aproximación	V <sub>ar</sub>	0.45	m/seg
Base del canal de llegada	Bc	0.50	m
Ángulo de inclinación de las rejillas	θ	45	Grados
Espaciamiento entre barras	e	2.50	cm
Ancho de barras	∅	0.80	cm
Altura de borde	Hs	0.30	m
Tiempo de retención	Tr	3	seg

#### 3.1.3.2.5.3.1 Eficiencia de la rejilla

$$E = \frac{e}{\emptyset + e} \quad \text{Ecuación (51)}$$

$$E = \frac{0.025 \text{ m}}{0.080 \text{ m} + 0.025 \text{ m}}$$

$$E = 0.76$$

#### 3.1.3.2.5.3.2 Velocidad en la rejilla

$$V_b = \frac{V_{ar}}{E} \quad \text{Ecuación (52)}$$

$$V_b = \frac{0.45 \frac{\text{m}}{\text{seg}}}{0.76}$$

$$V_b = 0.59 \frac{\text{m}}{\text{seg}}$$

#### 3.1.3.2.5.3.3 Área libre al paso de agua

$$Al = \frac{Qd}{V_b} \quad \text{Ecuación (53)}$$

$$Al = \frac{0.00267 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}}{0.59 \frac{\text{m}}{\text{seg}}}$$

$$Al = 0.0045 \text{ m}^2$$

#### 3.1.3.2.5.3.4 Tirante de agua en el canal

$$h = \frac{Al}{Bc} \quad \text{Ecuación (54)}$$

$$h = \frac{0.0045 \text{ m}^2}{0.50 \text{ m}}$$

$$h = 0.0090 \text{ m}$$

### 3.1.3.2.5.3.5 *Altura total del canal*

$$H = h + H_s \quad \text{Ecuación (55)}$$

$$H = 0.0090 \text{ m} + 0.30 \text{ m}$$

$$H = 0.31 \text{ m}$$

Se adopta una altura constructiva de  $H = 0.50 \text{ m}$

### 3.1.3.2.5.3.6 *Longitud de barras*

$$L_b = \frac{H}{\sin \theta} \quad \text{Ecuación (56)}$$

$$L_b = \frac{0.50 \text{ m}}{\sin(45^\circ)}$$

$$L_b = 0.71 \text{ m}$$

### 3.1.3.2.5.3.7 *Número de barras*

$$N_b = \frac{b - e}{e + \phi} \quad \text{Ecuación (57)}$$

$$N_b = \frac{0.50 \text{ m} - 0.025 \text{ m}}{0.025 \text{ m} + 0.008 \text{ m}}$$

$$N_b = 14.39 \approx 15 \text{ barras}$$

### 3.1.3.2.5.3.8 *Número de espacios*

$$n_e = N_b + 1 \quad \text{Ecuación (58)}$$

$$n_e = 15 + 1$$

$$n_e = 16 \text{ espacios}$$

### 3.1.3.2.5.3.9 *Ancho real del canal de llegada*

$$b' = (N_b * \phi) + (n_e * e) \quad \text{Ecuación (59)}$$

$$b' = (15 * 0.008 \text{ m}) + (16 * 0.025)$$

$$b' = 0.52 \text{ cm}$$

### 3.1.3.2.5.3.10 *Longitud del canal*

$$L_c = \frac{Qd}{\frac{h * b'}{Tr}} \quad \text{Ecuación (60)}$$

$$L_c = \frac{0.00267 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}}{\frac{0.009 \text{ m} - 0.52 \text{ m}}{3 \text{ seg}}}$$

$$L_c = 1.71 \text{ m}$$

### 3.1.3.2.5.3.11 Pérdida de carga en rejas

- Ecuación (Metcalf & Eddy)

#### Pérdida a reja limpia

$$H_f = \frac{1}{0.7} * \left( \frac{V_b^2 - V_{ar}^2}{2 * g} \right) \quad \text{Ecuación (61)}$$

$$H_f = \frac{1}{0.7} * \left( \frac{\left(0.59 \frac{m}{seg}\right)^2 - \left(0.45 \frac{m}{seg}\right)^2}{2 * 9.81 \frac{m}{seg^2}} \right)$$

$$H_f = 0.011 \text{ m} \approx 1.10 \text{ cm}$$

#### Pérdida a reja sucia

$$H_{f_{reja \text{ sucia}}} = \frac{1}{0.7} * \left( \frac{(2 * V_b)^2 - V_{ar}^2}{2 * g} \right) \quad \text{Ecuación (62)}$$

$$H_{f_{reja \text{ sucia}}} = \frac{1}{0.7} * \left( \frac{\left(2 * 0.59 \frac{m}{seg}\right)^2 - \left(0.45 \frac{m}{seg}\right)^2}{2 * 9.81 \frac{m}{seg^2}} \right)$$

$$H_{f_{reja \text{ sucia}}} = 0.088 \approx 8.80 \text{ cm}$$

#### Verificación:

$$H_{f_{reja \text{ sucia}}} < 15 \text{ cm}$$

$$8.80 \text{ cm} < 15 \text{ cm} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

**Tabla 95** Resultado de dimensiones del Cribado (Rejillas)

Parámetro	Abreviatura	Valor	Unidad
Base del canal	b'	0.50	m
Altura del canal	H	0.50	m
Longitud del canal	Lc	1.70	m
Longitud de barras	Lb	0.70	m
Ángulo de inclinación de las rejillas	θ	45	Grados
Espaciamiento entre barras	e	2.50	cm
Ancho de barras	∅	0.8	cm
Altura de borde	Hs	0.30	m
Tirante de agua en el canal	h	0.90	cm

**Fuente:** El Autor

### 3.1.3.2.5.4 CÁLCULO DEL DESARENADOR

DATOS			
Parámetro	Abreviatura	Valor	Unidad
Caudal de diseño	Qd	2.67	lt/seg
Temperatura del agua	T	15	°C
Densidad del agua	$\rho_{H_2O}$	1.00	gr/cm <sup>3</sup>
Densidad de la partícula	$\rho_p$	2.65	gr/cm <sup>3</sup>
Diámetro de la partícula	$\phi_p$	0.03	cm
Altura de borde	H <sub>borde</sub>	0.20	cm
Número de unidades	N <sub>unidades</sub>	2	cm
Base del desarenador, asumida	Bd	0.60	m

#### 3.1.3.2.5.4.1 Viscosidad cinemática

$$\eta = \frac{0.43596}{T + 23.33} \quad \text{Ecuación (63)}$$

$$\eta = \frac{0.43596}{15^\circ\text{C} + 23.33}$$

$$\eta = 0.011374 \frac{\text{cm}^2}{\text{seg}}$$

#### 3.1.3.2.5.4.2 Velocidad de sedimentación

Ley aplicable inicial : Stokes.

$$V_s = \frac{1}{18} * g * \frac{\rho_p - \rho_{H_2O}}{\eta} * \phi_p^2 \quad \text{Ecuación (66)}$$

$$V_s = \frac{1}{18} * 980.7 \frac{\text{cm}}{\text{seg}^2} * \frac{2.65 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} - 1 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}}{0.011374 \frac{\text{cm}^2}{\text{seg}}} * (0.03 \text{ cm})^2$$

$$V_s = 0.071 \frac{\text{m}}{\text{seg}} = 7.11 \frac{\text{cm}}{\text{seg}}$$

#### 3.1.3.2.5.4.3 Número de Reynolds

$$Re = \frac{V_s * \phi_p}{\eta} \quad \text{Ecuación (67)}$$

$$Re = \frac{7.11 \frac{\text{cm}}{\text{seg}} * 0.03 \text{ cm}}{0.011374 \frac{\text{cm}^2}{\text{seg}}}$$

$$Re = 18.76$$

No se cumple que  $Re < 1$  (Ley de Stokes) se debe reajustar la velocidad de sedimentación.



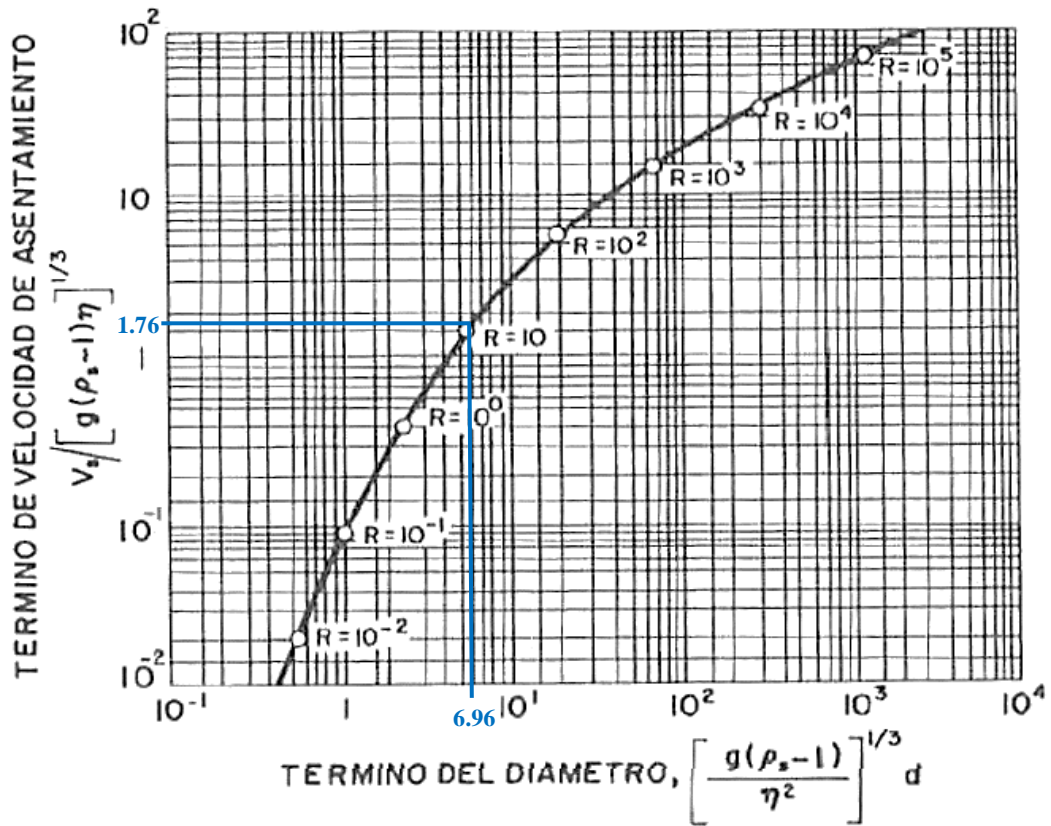
- **Término del diámetro**

$$T1 = \left( g * \frac{\rho_p - 1}{\eta^2} \right)^{\frac{1}{3}} * \phi_p \quad \text{Ecuación (68)}$$

$$T1 = \left( 980.7 \frac{\text{cm}}{\text{seg}^2} * \frac{2.65 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} - 1}{\left( 0.011374 \frac{\text{cm}^2}{\text{seg}} \right)^2} \right)^{\frac{1}{3}} * 0.03 \text{ cm}$$

$$T1 = 6.96$$

Con este valor de  $T1 = 6.96$  ingresamos a la Figura 67 y obtenemos el valor para el término de la velocidad  $T2 = 1.76$ .



**Figura 67.** Factor para reajuste de la velocidad de sedimentación.

**Fuente:** El Autor

- **Término de la velocidad de sedimentación**

$$\frac{V_s}{\left[ g * (\rho_p - 1) * \eta \right]^{\frac{1}{3}}} = T2 \quad \text{Ecuación (69)}$$

$$\frac{V_s}{[g * (\rho_p - 1) * \eta]^{\frac{1}{3}}} = 1.76$$

### Corrección de la velocidad

$$V_s = T_2 * [g * (\rho_p - 1) * \eta]^{\frac{1}{3}}$$

$$V_s = 1.76 * \left[ 980.7 \frac{\text{cm}}{\text{seg}^2} * \left( 2.65 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} - 1 \right) * 0.011374 \frac{\text{cm}^2}{\text{seg}} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$V_s = 4.65 \frac{\text{cm}}{\text{seg}}$$

Una vez determinado la corrección de la velocidad de asentamiento se calcula nuevamente el número de Reynolds para determinar el régimen en el que se localiza.

$$Re = \frac{V_s * \phi_p}{\eta} \quad \text{Ecuación (67)}$$

$$Re = \frac{4.65 \frac{\text{cm}}{\text{seg}} * 0.03 \text{ cm}}{0.011374 \frac{\text{cm}^2}{\text{seg}}}$$

$$Re = 12.26$$

Tenemos  $1 < Re \leq 1000$ , entonces se encuentra en el régimen de transición.

#### 3.1.3.2.5.4.4 Coeficiente de arrastre

Como  $Re$  se encuentra en la zona de transición (Ley de Allen), se calcula el valor del coeficiente de arrastre así:

$$CA = \frac{24}{Re} + \frac{3}{\sqrt{Re}} + 0.34 \quad \text{Ecuación (72)}$$

$$CA = \frac{24}{12.26} + \frac{3}{\sqrt{12.26}} + 0.34$$

$$CA = 3.155$$

Conocido el coeficiente de arrastre se determina finalmente la velocidad real de asentamiento de la partícula en esa zona de transición mediante:

$$V_s = \sqrt{\frac{4}{3} * \frac{g}{CA} * \phi_p * \left( \frac{\rho_p - \rho_{H_2O}}{\rho_{H_2O}} \right)} \quad \text{Ecuación (71)}$$

$$V_s = \sqrt{\frac{4}{3} * \frac{980.7 \frac{\text{cm}}{\text{seg}^2}}{3.155} + 0.03 \text{ cm} * \left( \frac{2.65 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} - 1 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}}{1 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}} \right)}$$

$$V_s = 4.53 \frac{\text{cm}}{\text{seg}}$$

#### 3.1.3.2.5.4.5 Caudal por tratar

$$Q_{\text{tratar}} = \frac{Q_d}{N_{\text{unidades}} - 1} \quad \text{Ecuación (74)}$$

$$Q_{\text{tratar}} = \frac{0.0267 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}}{1}$$

$$Q_{\text{tratar}} = 0.0267 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}$$

La segunda unidad se considerará a un By-pass.

#### 3.1.3.2.5.4.6 Velocidad media de flujo

De la Tabla 49 se obtiene que para la partícula de 0.3 mm el valor de  $a = 44$ .

$$V_{\text{flujo}} = a * \sqrt{\phi_p} \quad \text{Ecuación (75)}$$

$$V_{\text{flujo}} = 44 * \sqrt{0.3 \text{ mm}}$$

$$V_{\text{flujo}} = 24.1 \frac{\text{cm}}{\text{seg}} = 0.241 \frac{\text{m}}{\text{seg}}$$

#### 3.1.3.2.5.4.7 Área Transversal del desarenador

$$A_{\text{transversal}} = \frac{Q_{\text{tratar}}}{V_{\text{flujo}}} \quad \text{Ecuación (76)}$$

$$A_{\text{transversal}} = \frac{0.00267 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}}{0.241 \frac{\text{m}}{\text{seg}}}$$

$$A_{\text{transversal}} = 0.0111 \text{ m}^2$$

#### 3.1.3.2.5.4.8 Dimensiones del desarenador

##### 3.1.3.2.5.4.9 Base del desarenador

$$B_d = 0.60 \text{ m}$$

##### 3.1.3.2.5.4.10 Altura del desarenador

$$H_d = \frac{A_{\text{transversal}}}{B_d} \quad \text{Ecuación (78)}$$

$$H_d = \frac{0.0111 \text{ m}^2}{0.60 \text{ m}}$$

$$H_d = 0.018 \text{ m}$$

Se adopta el valor de altura mínima recomendado por la OPS/CEPIS.

$$H_d = 0.75 \text{ m}$$

#### 3.1.3.2.5.4.11 Longitud de la cámara de sedimentación

##### Coefficiente de amplificación para la longitud del desarenador (K)

$$k = 2.5 * V_{\text{flujo}} + 0.75 \quad \text{Ecuación (80)}$$

$$k = 2.5 * 0.241 \frac{\text{m}}{\text{seg}} + 0.75$$

$$k = 1.35$$

$$Ld = k * Hd * \frac{V_{\text{flujo}}}{V_s - 0.04 * V_{\text{flujo}}} \quad \text{Ecuación (79)}$$

$$Ld = 1.35 * 0.75 * \frac{0.241 \frac{\text{m}}{\text{seg}}}{0.0453 \frac{\text{m}}{\text{seg}} - 0.04 * 0.241 \frac{\text{m}}{\text{seg}}}$$

$$Ld = 6.86 \text{ m} \approx 6.90 \text{ m}$$

#### 3.1.3.2.5.4.12 Longitud de transición de entrada y salida

$$L_t = \frac{Bd - b}{2 * \tan \alpha} \quad \text{Ecuación (81)}$$

$$L_t = \frac{0.60 \text{ m} - 0.50 \text{ m}}{2 * \tan(12.30^\circ)}$$

$$L_t = 0.23 \text{ m} \approx 23 \text{ cm}$$

#### 3.1.3.2.5.4.13 Periodo de retención hidráulica

$$TRH = \frac{Hd}{V_s} \quad \text{Ecuación (82)}$$

$$TRH = \frac{0.75 \text{ m}}{0.0453 \frac{\text{m}}{\text{seg}}}$$

$$TRH = 16.6 \text{ seg}$$

#### 3.1.3.2.5.4.14 Periodo de desplazamiento

$$TD = \frac{Ld}{V_{\text{flujo}}} \quad \text{Ecuación (83)}$$

$$TD = \frac{6.90 \text{ m}}{0.241 \frac{\text{m}}{\text{seg}}}$$

$$TD = 28.63 \text{ seg}$$

#### 3.1.3.2.5.4.15 Verificación del periodo de retención hidráulica

$$TD > TRH \quad \text{Ecuación (84)}$$

$$28.63 \text{ seg} > 16.6 \text{ seg}$$

CUMPLE

### 3.1.3.2.5.4.16 Vertedero para control de velocidad-Vertedero Sutro

#### 3.1.3.2.5.4.16.1 Altura máxima del vertedero

Consideramos  $b_v = 0.30 \text{ m}$ ,  $k = 0.005 \text{ m}$ .

$$H_v = \frac{Q_d}{2 * b_v * \sqrt{2 * g * k}} - \frac{2}{3} * k \quad \text{Ecuación (85)}$$

$$H_v = \frac{0.00267 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}}{2 * 0.30 \text{ m} * \sqrt{2 * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{seg}^2} * 0.005 \text{ m}}} - \frac{2}{3} * 0.005 \text{ m}$$

$$H_v = 0.011 \text{ m}$$

#### 3.1.3.2.5.4.16.2 Caudales de descarga del vertedero

Para una altura igual a  $H_v = 0.011 \text{ m}$ .

$$Q_1 = 2 * b_v * \sqrt{2 * g * k} * \left( H_v + \frac{2}{3} * k \right) \quad \text{Ecuación (86)}$$

$$Q_1 = 2 * 0.30 \text{ m} * \sqrt{2 * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{seg}^2} * 0.005 \text{ m} * \left( 0.011 \text{ m} + \frac{2}{3} * 0.005 \text{ m} \right)}$$

$$Q_1 = 0.00269 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}$$

#### 3.1.3.2.5.4.16.3 Perfil de las paredes del vertedero

Damos valores a y para armar el perfil del vertedero. Los valores de x son en positivo y negativo.

$$x = b_v * \left( 1 - \frac{2}{\pi} * \tan^{-1} \left( \sqrt{\frac{y}{k}} \right) \right) \quad \text{Ecuación (88)}$$

**Tabla 96** Tabla de valores para formar las paredes del vertedero suto.

y [m]	x [m]	-x [m]	Q [m <sup>3</sup> /seg]
0.000	0.150	-0.150	0.001
0.005	0.150	-0.150	0.002
0.010	0.118	-0.118	0.003
0.015	0.100	-0.100	0.003
0.020	0.089	-0.089	0.004
0.025	0.080	-0.080	0.005
0.030	0.074	-0.074	0.006
0.035	0.069	-0.069	0.007
0.040	0.065	-0.065	0.008
0.045	0.061	-0.061	0.009
0.050	0.058	-0.058	0.010
0.055	0.056	-0.056	0.011
0.060	0.054	-0.054	0.012
0.065	0.052	-0.052	0.013
0.070	0.050	-0.050	0.014
0.075	0.048	-0.048	0.015
0.080	0.047	-0.047	0.016
0.085	0.045	-0.045	0.017
0.090	0.044	-0.044	0.018
0.095	0.043	-0.043	0.018
0.100	0.042	-0.042	0.019
0.150	0.034	-0.034	0.029
0.200	0.030	-0.030	0.038

**Fuente:** El Autor

**Tabla 97** Resultado de dimensiones del Desarenador

Parámetro	Abreviatura	Valor	Unidad
Base del canal	Bd	0.60	m
Altura del canal	Hd	0.75	m
Longitud del canal	Ld	6.90	m
Longitud transición Entrada/Salida	Lt	23.0	cm
Ángulo alivio en la transición	$\theta$	12.30	Grados

**Fuente:** El Autor

### 3.1.3.2.5.5 CÁLCULO DE LA TRAMPA DE GRASAS

DATOS			
Parámetro	Abreviatura	Valor	Unidad
Caudal de diseño	Qd	2.67	lt/seg
Tiempo de retención	Tr	3	min
Velocidad ascendente mínima	Va	0.004	m/seg
Altura de borde libre	Hb	0.40	m

#### 3.1.3.2.5.5.1 Volumen de la trampa de grasas

$$V_{tg} = Qd * Tr \quad \text{Ecuación (89)}$$

$$V_{tg} = 0.00267 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}} * 3 \text{ min} * \frac{60 \text{ seg}}{1 \text{ min}}$$

$$V_{tg} = 0.48 \text{ m}^3$$

#### 3.1.3.2.5.5.2 Área superficial de la trampa de grasas

$$A_{stg} = \frac{Qd}{Va} \quad \text{Ecuación (90)}$$

$$A_{stg} = \frac{0.00267 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}}{0.004 \frac{\text{m}}{\text{seg}}}$$

$$A_{stg} = 0.67 \text{ m}^2$$

#### 3.1.3.2.5.5.3 Base de la trampa de grasas

$$B_{tg} = \sqrt{\frac{r2}{r1} * A_{stg}} \quad \text{Ecuación (94)}$$

$$B_{tg} = \sqrt{\frac{2}{3} * 0.67 \text{ m}^2}$$

$$B_{tg} = 0.67 \approx 0.70 \text{ m}$$

#### 3.1.3.2.5.5.4 Longitud de la trampa de grasas

$$L_{tg} = \frac{r1}{r2} * B_{tg} \quad \text{Ecuación (92)}$$

$$L_{tg} = \frac{3}{2} * 1.0 \text{ m}$$

$$L_{tg} = 1.0 \text{ m}$$

#### 3.1.3.2.5.5.5 Altura de la trampa de grasas

$$H_{tg} = \frac{V_{tg}}{A_{stg}} \quad \text{Ecuación (95)}$$

$$H_{tg} = \frac{0.48 \text{ m}^3}{0.67 \text{ m}^2}$$

$$H_{tg} = 0.72 \text{ m}$$

$$HT_{tg} = H_{tg} + H_b$$

Ecuación (96)

$$HT_{tg} = (0.72 + 0.40) \text{ m}$$

$$HT_{tg} = 1.12 \approx 1.20 \text{ m}$$

**Tabla 98** Resultado de dimensiones de la Trampa de grasas.

Parámetro	Abreviatura	Valor	Unidad
Base	B <sub>tg</sub>	0.70	m
Altura	HT <sub>tg</sub>	1.20	m
Longitud	L <sub>tg</sub> =	1.00	m

**Fuente:** El Autor

### 3.1.3.2.5.6 CÁLCULO DEL DEL TANQUE SÉPTICO.

DATOS			
Parámetro	Abreviatura	Valor	Unidad
Caudal de diseño	Qd	2.67	lt/seg
Altura de espacio libre	Hel	0.45	m
Población futura	Pf	341	Habitantes

#### 3.1.3.2.5.6.1 Caudal de aporte unitario de aguas residuales para el tanque séptico

$$Qd_{fosa} = \frac{Qd}{Pf} * 86400$$

Ecuación (97)

$$Qd_{fosa} = \frac{2.67 \frac{\text{lt}}{\text{s}}}{341 \text{ Hab}} * 86400$$

$$Qd_{fosa} = 676.43 \frac{\text{lt}}{\text{Hab} * \text{día}}$$

#### 3.1.3.2.5.6.2 Periodo de retención hidráulica

$$PR = 1.5 - 0.3 * \text{Log}(Pf * Qd_{fosa})$$

Ecuación (98)

$$PR = 1.5 - 0.3 * \text{Log}\left(341 \text{ Hab} * 676.43 \frac{\text{lt}}{\text{Hab} * \text{día}}\right)$$

$$PR = -0.11 \text{ dias}$$



Asumimos como periodo de retención mínimo PR = 0.25 días

### **3.1.3.2.5.6.3 Volúmenes del tanque séptico**

#### **3.1.3.2.5.6.3.1 Volumen requerido para la sedimentación**

$$V_{rs} = 10^{-3} * P_f * Q_{d_{fosa}} * PR \quad \text{Ecuación (99)}$$

$$V_{rs} = 10^{-3} * 341 \text{ Hab} * 676.43 \frac{\text{lt}}{\text{Hab} * \text{día}} * 0.25 \text{ días}$$

$$V_{rs} = 57.67 \text{ m}^3$$

#### **3.1.3.2.5.6.3.2 Volumen de digestión y almacenamiento de lodos**

$$V_d = G * 10^{-3} * P_f * N \quad \text{Ecuación (100)}$$

$$V_d = 50 \frac{\text{lt}}{\text{Hab} * \text{año}} * 10^{-3} * 341 \text{ Hab} * 1 \text{ año}$$

$$V_d = 17.05 \text{ m}^3$$

#### **3.1.3.2.5.6.3.3 Volumen de natas [Vn]**

Se considera un valor mínimo de 0.7 m<sup>3</sup>.

#### **3.1.3.2.5.6.3.4 Volumen neto del tanque séptico**

$$V_{ts} = V_n + V_d + V_{rs} \quad \text{Ecuación (101)}$$

$$V_{ts} = (0.70 + 17.05 + 57.67) \text{ m}^3$$

$$V_{ts} = 75.42 \text{ m}^3$$

### **3.1.3.2.5.6.4 Dimensiones del tanque séptico**

#### **3.1.3.2.5.6.4.1 Área superficial del tanque séptico.**

Adoptamos una altura de 2.0 m.

$$A_s = \frac{V_{ts}}{h_{asum}} \quad \text{Ecuación (102)}$$

$$A_s = \frac{75.42 \text{ m}^3}{2.0 \text{ m}}$$

$$A_s = 37.71 \text{ m}^2$$

#### **3.1.3.2.5.6.4.2 Estimación de largo y ancho del tanque séptico**

La selección de las dimensiones se las hace en base a las recomendaciones de diseño indicadas en el literal 1.1.4.8.5.2.

#### **Ancho del tanque séptico**

$$A_{TS} = \sqrt{\frac{A_s}{3}} \quad \text{Ecuación (105)}$$

$$A_{TS} = \sqrt{\frac{37.71 \text{ m}^2}{3}}$$

$$A_{TS} = 3.50 \text{ m}$$

### Longitud del tanque séptico

$$L_{TS} = 3 * A_{TS} \quad \text{Ecuación (104)}$$

$$L_{TS} = 3 * 3.50 \text{ m}$$

$$L_{TS} = 10.50 \text{ m}$$

### Verificación de la relación Largo-Ancho.

$$2 < \frac{L_{TS}}{A_{TS}} < 4$$

$$2 < \frac{10.50}{3.50 \text{ m}} < 4$$

$$2 < 3 < 4 \quad \text{CUMPLE}$$

### Área superficial real del tanque séptico.

$$A_s = L_{TS} * A_{TS} \quad \text{Ecuación (103)}$$

$$A_s = 10.50 \text{ m} * 3.50 \text{ m}$$

$$A_s = 36.75 \text{ m}^2$$

#### 3.1.3.2.5.6.5 Profundidades del tanque séptico

##### 3.1.3.2.5.6.5.1 Profundidad máxima de espuma y natas sumergidas

$$H_e = \frac{0.7}{A_s} \quad \text{Ecuación (106)}$$

$$H_e = \frac{0.7}{36.75 \text{ m}^2}$$

$$H_e = 0.019 \text{ m}$$

##### 3.1.3.2.5.6.5.2 Profundidad libre de espuma sumergida [Hes]

$$H_{es} = 0.10 \text{ m}$$

##### 3.1.3.2.5.6.5.3 Profundidad libre de lodo

$$H_o = 0.82 - 0.26 * A_s \quad \text{Ecuación (107)}$$

$$H_o = 0.82 - 0.26 * 36.75 \text{ m}^2$$

$$H_o = -8.74 \text{ m}$$

Adoptamos el valor mínimo

$$H_o = 0.30 \text{ m}$$

**3.1.3.2.5.6.5.4 Profundidad mínima requerida para la sedimentación**

$$H_s = \frac{V_{rs}}{A_s} \quad \text{Ecuación (108)}$$

$$H_s = \frac{57.67 \text{ m}^3}{36.75 \text{ m}^2}$$

$$H_s = 1.57 \text{ m}$$

**3.1.3.2.5.6.5.5 Profundidad de espacio libre [Hl]**

Es el mayor valor entre:

1.  $H_s + H_o$  Ecuación (109)

$$0.10 \text{ m} + 0.30 \text{ m} = 0.40 \text{ m}$$

2.  $H_s = 1.57 \text{ m}$

$$H_l = 1.57 \text{ m}$$

**3.1.3.2.5.6.5.6 Profundidad de digestión y almacenamiento de lodos**

$$H_d = \frac{V_d}{A_s} \quad \text{Ecuación (110)}$$

$$H_d = \frac{17.05 \text{ m}^3}{36.75 \text{ m}^2}$$

$$H_d = 0.46 \text{ m}$$

**3.1.3.2.5.6.5.7 Profundidad efectiva del tanque séptico**

$$H_{TS} = H_d + H_l + H_e \quad \text{Ecuación (111)}$$

$$H_{TS} = 0.46 \text{ m} + 1.57 \text{ m} + 0.019 \text{ m}$$

$$H_{TS} = 2.05 \text{ m} \approx 2.10 \text{ m}$$

Debe considerarse adicionalmente la altura entre el nivel superior de natas y la superficie inferior de la losa  $H_{el}=0.45 \text{ m}$

**3.1.3.2.5.6.6 Volumen real del Tanque Séptico**

$$V_{R_{TS}} = L_{TS} * A_{TS} * H_{TS} \quad \text{Ecuación (112)}$$

$$V_{R_{TS}} = 10.50 \text{ m} * 3.50 \text{ m} * 2.10 \text{ m}$$

$$V_{R_{TS}} = 77.18 \text{ m}^3$$

**Tabla 99** Resultado de dimensiones del Tanque Séptico.

Parámetro	Abreviatura	Valor	Unidad
Altura de espacio libre	$H_{el}$	0.45	m
Ancho	$A_{TS}$	3.50	m
Largo	$L_{TS}$	10.50	m
Profundidad efectiva	$H_{TS}$	2.10	m
Volumen neto	$V_{R_{TS}}$	77.18	$\text{m}^3$

**Fuente:** El Autor

### 3.1.3.2.5.7 CÁLCULO DEL FILTRO ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE

DATOS			
Parámetro	Abreviatura	Valor	Unidad
Caudal de diseño	Qd	2.67	lt/seg
Tiempo de residencia Hidráulica	TRH	6.50	hr
Altura del medio filtrante	H <sub>empaques</sub>	2.00	m
Altura de fondo	H <sub>fondo</sub>	0.50	m
Altura de borde libre	H <sub>borde libre</sub>	0.50	m
DBO del afluente	So	186.9	mg/L

#### 3.1.3.2.5.7.1 Tiempo de residencia hidráulica

Asumido en función de las recomendaciones especificadas en la Tabla 18.

$$TRH = 6.50 \text{ hr}$$

#### 3.1.3.2.5.7.2 Volumen del filtro anaerobio de flujo ascendente

$$V_{\text{FAFA}} = Qd * TRH \quad \text{Ecuación (113)}$$

$$V_{\text{FAFA}} = 2.67 \frac{\text{lt}}{\text{seg}} * 6.50 \text{hr} * \frac{3600 \text{seg}}{1 \text{hr}} * \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ lt}}$$

$$V_{\text{FAFA}} = 62.47 \text{ m}^3$$

#### 3.1.3.2.5.7.3 Altura total del filtro anaerobio de flujo ascendente

La estimación de la altura se hace en base a las recomendaciones de la Tabla 18.

$$H_{\text{FAFA}} = H_{\text{fondo}} + H_{\text{empaques}} + H_{\text{borde libre}} \quad \text{Ecuación (114)}$$

$$H_{\text{FAFA}} = 0.50 \text{ m} + 2.00 \text{ m} + 0.50 \text{ m}$$

$$H_{\text{FAFA}} = 3.00 \text{ m}$$

#### 3.1.3.2.5.7.4 Área del filtro anaerobio de flujo ascendente

$$A_{\text{FAFA}} = \frac{V_{\text{FAFA}}}{H_{\text{FAFA}}} \quad \text{Ecuación (115)}$$

$$A_{\text{FAFA}} = \frac{62.47 \text{ m}^3}{3.00 \text{ m}}$$

$$A_{\text{FAFA}} = 20.82 \text{ m}^2$$

#### 3.1.3.2.5.7.5 Dimensión en planta del filtro anaerobio de flujo ascendente.

Se considera un filtro de forma circular.

$$D_{FAFA} = \left( \frac{4 * A_{FAFA}}{\pi} \right)^{\frac{1}{2}} \quad \text{Ecuación (116)}$$

$$D_{FAFA} = \left( \frac{4 * 20.82 \text{ m}^2}{\pi} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$D_{FAFA} = 5.15 \text{ m}$$

Para el cumplimiento de los parámetros de diseño se adopta un  $D_{FAFA} = 6.10 \text{ m}$

### 3.1.3.2.5.7.6 Área superficial recalculada del FAFA

$$A_{FAFA} = \frac{\pi * (D_{FAFA})^2}{4} \quad \text{Ecuación (181)}$$

$$A_{FAFA} = \frac{\pi * (6.10 \text{ m})^2}{4}$$

$$A_{FAFA} = 29.22 \text{ m}^2$$

### 3.1.3.2.5.7.7 Volumen total recalculado del FAFA

$$V_{FAFA} = A_{FAFA} * H_{FAFA} \quad \text{Ecuación (182)}$$

$$V_{FAFA} = 29.22 \text{ m}^2 * 3.00 \text{ m}$$

$$V_{FAFA} = 87.67 \text{ m}^3$$

### 3.1.3.2.5.7.8 Volumen del medio filtrante

$$V_{mf} = A_{FAFA} * H_{empaquetado} \quad \text{Ecuación (117)}$$

$$V_{mf} = 22.29 \text{ m}^2 * 2.0 \text{ m}$$

$$V_{mf} = 58.45 \text{ m}^3$$

### 3.1.3.2.5.7.9 Verificación de la carga hidráulica superficial

$$CHS_{Q_{md}} = \frac{Q_d}{A_{FAFA}} \quad \text{Ecuación (118)}$$

$$CHS_{Q_{md}} = \frac{0.00267 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}} * \frac{86400 \text{ seg}}{1 \text{ día}}}{29.22 \text{ m}^2}$$

$$CHS_{Q_{md}} = 7.89 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 * \text{día}}$$

**Verificación:**

$$6 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 * \text{día}} < CHS_{Q_{md}} < 15 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 * \text{día}}$$

$$6 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 * \text{día}} < 7.89 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 * \text{día}} < 15 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 * \text{día}}$$

CUMPLE

### 3.1.3.2.5.7.10 Verificación de la carga orgánica volumétrica

#### Carga orgánica volumétrica de todo el FAFA.

$$COV = \frac{Qd * So}{V_{FAFA}} \quad \text{Ecuación (121)}$$

$$COV = \frac{0.00267 \frac{m^3}{seg} * 0.1869 \frac{Kg}{m^3}}{87.67 m^3}$$

$$COV = 0.49 \frac{kg}{m^3 * día}$$

#### Verificación:

$$0.15 \frac{kg}{m^3 * día} < COV < 0.50 \frac{kg}{m^3 * día}$$

$$0.15 \frac{kg}{m^3 * día} < 0.49 \frac{kg}{m^3 * día} < 0.50 \frac{kg}{m^3 * día}$$

CUMPLE

#### Carga orgánica volumétrica del medio filtrante.

$$COV_{mf} = \frac{Qd * So}{V_{mf}} \quad \text{Ecuación (122)}$$

$$COV = \frac{0.00267 \frac{m^3}{seg} * 0.1869 \frac{Kg}{m^3}}{58.45 m^3}$$

$$COV = 0.74 \frac{kg}{m^3 * día}$$

#### Verificación:

$$0.15 \frac{kg}{m^3 * día} < COV < 0.75 \frac{kg}{m^3 * día}$$

$$0.25 \frac{kg}{m^3 * día} < 0.74 \frac{kg}{m^3 * día} < 0.75 \frac{kg}{m^3 * día}$$

CUMPLE

### 3.1.3.2.5.7.11 Eficiencia de remoción del filtro anaerobio

$$E = 100 * [1 - 0.87 * (TRH)^{-0.5}] \quad \text{Ecuación (123)}$$

$$E = 100 * [1 - 0.87 * (6.50 \text{ hr})^{-0.5}]$$

$$E = 65.89 \%$$

Cumple con establecido los criterios de diseño de eficiencia de remoción proporcionada del 65% al 75%.

**3.1.3.2.5.7.12 Concentración de DBO esperada en el efluente**

$$DBO_{ef} = S_o - \frac{E * S_o}{100} \quad \text{Ecuación (124)}$$

$$DBO_{ef} = 186.9 \frac{\text{mg}}{\text{lt}} - \frac{65.89 * 186.9 \frac{\text{mg}}{\text{lt}}}{100}$$

$$DBO_{ef} = 63.75 \frac{\text{mg}}{\text{lt}}$$

**Tabla 100** Resultado de dimensiones del FAFA.

Parámetro	Abreviatura	Valor	Unidad
Altura del medio filtrante	H <sub>empaques</sub>	2.00	m
Altura de fondo	H <sub>fondo</sub>	0.50	m
Altura de borde libre	H <sub>borde libre</sub>	0.50	m
Altura total del FAFA	H <sub>FAFA</sub>	3.00	m
Diámetro del FAFA	D <sub>FAFA</sub>	6.10	m

**Fuente:** El Autor

**3.1.3.2.5.8 CÁLCULO DEL FILTRO PERCOLADOR SIN RECIRCULACIÓN – MODELO BRUCE Y MERKENS**

DATOS			
Parámetro	Abreviatura	Valor	Unidad
Caudal de diseño	Q <sub>d</sub>	2.67	lt/seg
Temperatura del agua residual	T	15	°C
DBO del afluente	S <sub>a</sub>	65.42	mg/lt
% de remoción	R <sub>%</sub>	80	%
Área superficial específica para piedra de río pequeña	S	70	m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>

**3.1.3.2.5.8.1 Constante de tratabilidad**

$$KT_1 = 0.10 * (1.08)^{T-20} \quad \text{Ecuación (125)}$$

$$KT_1 = 0.10 * (1.08)^{15-20}$$

$$KT_1 = 0.068 \text{ m/día}$$

$$KT_2 = 0.037 * (1.08)^{T-15} \quad \text{Ecuación (126)}$$

$$KT_2 = 0.037 * (1.08)^{15-15}$$

$$KT_2 = 0.037 \text{ m/día}$$

De acuerdo con lo recomendado que la constante de tratabilidad debe estar entre el intervalo de recomendado 0.06 y 0.152 m/día se escoge  $KT = 0.068$  m/día.

### 3.1.3.2.5.8.2 Volumen del filtro percolador

Se asume un remoción del 80%, por lo tanto,  $Se = 20\% * Sa$ .

$$Qd = 2.67 \frac{\text{lt}}{\text{seg}} = 230.66 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

$$V_{FP} = \frac{Qd * \ln\left(\frac{Sa}{Se}\right)}{KT * S} \quad \text{Ecuación (127)}$$

$$V_{FP} = \frac{230.66 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} * \ln\left(\frac{65.42 \frac{\text{mg}}{\text{lt}}}{0.20 * 65.42 \frac{\text{mg}}{\text{lt}}}\right)}{0.068 \frac{\text{m}}{\text{día}} * 70 \frac{\text{m}^2}{\text{m}^3}}$$

$$V_{FP} = 77.99 \text{ m}^3$$

### 3.1.3.2.5.8.3 Altura del filtro percolador

Se estima en función de los criterios de diseño de la Tabla 15.

$$H_{FP} = 2.50 \text{ m}$$

### 3.1.3.2.5.8.4 Área del filtro percolador

$$A_{FP} = \frac{V_{FP}}{H_{FP}} \quad \text{Ecuación (128)}$$

$$A_{FP} = \frac{77.99 \text{ m}^3}{2.0 \text{ m}}$$

$$A_{FP} = 31.20 \text{ m}^2$$

### 3.1.3.2.5.8.5 Dimensión en planta del filtro percolador

Se adopta un filtro de forma circular.

$$D_{FP} = \sqrt{\frac{4 * A_{FP}}{\pi}} \quad \text{Ecuación (129)}$$

$$D_{FP} = \sqrt{\frac{4 * 31.20 \text{ m}^2}{\pi}}$$

$$D_{FP} = 6.30 \text{ m}$$

Se adopta un  $D_{FP} = 6.50 \text{ m}$ .



### 3.1.3.2.5.8.6 Área recalculada del filtro percolador

$$A_{FP} = \frac{\pi * (D_{FP})^2}{4}$$

$$A_{FP} = \frac{\pi * (6.50 \text{ m})^2}{4}$$

$$A_{FP} = 33.18 \text{ m}^2$$

### 3.1.3.2.5.8.7 Volumen recalculado del filtro percolador

$$V_{FP} = A_{FP} * H_{FP}$$

$$V_{FP} = 33.18 \text{ m}^2 * 2.0 \text{ m}$$

$$V_{FP} = 82.96 \text{ m}^3$$

### 3.1.3.2.5.8.8 Carga hidráulica volumétrica del filtro percolador

$$CHV_{FP} = \frac{Qd}{V_{FP}} \quad \text{Ecuación (130)}$$

$$CHV_{FP} = \frac{230.66 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}}{82.96 \text{ m}^3}$$

$$CHV_{FP} = 2.78 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^3 * \text{día}}$$

### 3.1.3.2.5.8.9 Carga hidráulica superficial del filtro percolador

$$CHS_{FP} = \frac{Qd}{A_{FP}} \quad \text{Ecuación (131)}$$

$$CHS_{FP} = \frac{230.66 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}}{33.18 \text{ m}^2}$$

$$CHS_{FP} = 6.95 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 * \text{día}}$$

### 3.1.3.2.5.8.10 Carga orgánica del filtro percolador

$$CO_{FP} = Sa * Qd \quad \text{Ecuación (132)}$$

$$CO_{FP} = 0.06542 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * 230.66 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

$$CO_{FP} = 15.09 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

### 3.1.3.2.5.8.11 Carga orgánica volumétrica del filtro percolador

$$COV_{FP} = \frac{CO_{FP}}{V_{FP}} \quad \text{Ecuación (133)}$$

$$COV_{FP} = \frac{15.09 \frac{\text{kg}}{\text{día}}}{82.96 \text{ m}^3}$$

$$COV_{FP} = 0.18 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3 * \text{día}}$$

**3.1.3.2.5.8.12 Carga orgánica superficial del filtro percolador**

$$COS_{FP} = \frac{CO_{FP}}{A_{FP}} \quad \text{Ecuación (134)}$$

$$COS_{FP} = \frac{15.09 \frac{\text{kg}}{\text{día}}}{33.18 \text{ m}^2}$$

$$COS_{FP} = 0.45 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 * \text{día}}$$

**Tabla 101** Resultado de dimensiones del Filtro percolador.

Parámetro	Abreviatura	Valor	Unidad
Altura Total del filtro	H <sub>FP</sub>	2.50	m
Altura de borde libre	H <sub>borde libre</sub>	0.50	m
Diámetro del filtro	D <sub>FP</sub>	6.50	m

Fuente: El Autor

**3.1.3.2.5.9 CÁLCULO DEL SEDIMENTADOR SECUNDARIO**

DATOS			
Parámetro	Abreviatura	Valor	Unidad
Caudal de diseño	Q <sub>d</sub>	2.67	lt/seg
Altura del sedimentador secundario	H <sub>SS</sub>	3.0	m
Carga superficial	C <sub>SS</sub>	1.9	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> *hr
Concentración de sólidos	SS	32.18	mg/lt

**3.1.3.2.5.9.1 Área superficial**

$$Q_d = \frac{2.67 \text{ lt}}{\text{seg}} = 9.61 \frac{\text{m}^3}{\text{hr}}$$

$$A_{SS} = \frac{Q_d}{CS_{SS}} \quad \text{Ecuación (135)}$$

$$A_{SS} = \frac{9.61 \frac{\text{m}^3}{\text{hr}}}{1.9 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 * \text{hr}}}$$

$$A_{SS} = 5.06 \text{ m}^2$$

**3.1.3.2.5.9.2 Dimensión en planta del sedimentador secundario**

Se adopta un sedimentador de forma circular.

$$D_{SS} = \sqrt{\frac{4 * A_{SS}}{\pi}} \quad \text{Ecuación (136)}$$

$$D_{SS} = \sqrt{\frac{4 * 5.06 \text{ m}^2}{\pi}}$$

$$D_{SS} = 2.54 \text{ m} \approx 2.60 \text{ m}$$

### 3.1.3.2.5.9.3 Área superficial recalculada

$$A_{SS} = \frac{\pi * (D_{SS})^2}{4}$$

$$A_{SS} = \frac{\pi * (2.60\text{m})^2}{4}$$

$$A_{SS} = 5.31 \text{ m}^2$$

### 3.1.3.2.5.9.4 Volumen del sedimentador secundario

$$V_{SS} = A_{SS} * H_{SS} \quad \text{Ecuación (137)}$$

$$V_{SS} = 5.30 \text{ m}^2 * 3.0 \text{ m}$$

$$V_{SS} = 15.93 \text{ m}^3$$

### 3.1.3.2.5.9.5 Flujo de sólidos

$$Q_d = 2.67 \frac{\text{lt}}{\text{seg}} = 230.66 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

$$F_{SS} = Q_d * SS \quad \text{Ecuación (138)}$$

$$F_{SS} = 230.66 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} * 0.03218 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$F_{SS} = 7.42 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

### 3.1.3.2.5.9.6 Carga de sólidos

$$CS_{SS} = \frac{F_{SS}}{A_{SS}} \quad \text{Ecuación (139)}$$

$$CS_{SS} = \frac{7.42 \frac{\text{kg}}{\text{día}}}{5.31 \text{ m}^2}$$

$$CS_{SS} = 1.47 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 * \text{día}} = 0.06 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 * \text{hr}}$$

### 3.1.3.2.5.9.7 Carga sobre el vertedero

$$Cv_{SS} = \frac{Q_d}{\pi * D_{SS}} \quad \text{Ecuación (140)}$$

$$Cv_{SS} = \frac{2.67 \frac{\text{lt}}{\text{seg}}}{\pi * 2.60 \text{ m}}$$

$$Cv_{SS} = 0.32 \frac{lt}{m * seg}$$

**Verificación:**

$$CS_{SS} < 2.2 \frac{lt}{m * seg}$$

$$0.32 \frac{lt}{m * seg} < 2.2 \frac{lt}{m * seg}$$

CUMPLE

### 3.1.3.2.5.9.8 Tiempo de retención

$$TR_{SS} = \frac{V_{SS}}{Q_d} \quad \text{Ecuación (141)}$$

$$TR_{SS} = \frac{15.93 \text{ m}^3}{9.61 \frac{\text{m}^3}{\text{hr}}}$$

$$TR_{SS} = 1.66 \text{ hr}$$

**Tabla 102** Resultado de dimensiones del sedimentador secundario.

Parámetro	Abreviatura	Valor	Unidad
Altura	H <sub>SS</sub>	3.00	m
Altura de borde libre	H <sub>borde libre</sub>	0.40	m
Diámetro	D <sub>SS</sub>	2.60	m

**Fuente:** El Autor

**3.1.3.2.5.10 CÁLCULO DEL HUMEDAL ARTIFICIAL  
SUBSUPERFICIAL DE FLUJO HORIZONTAL**

<b>DATOS</b>			
<b>Parámetro</b>	<b>Abreviatura</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Caudal de diseño	Qd	2.67	lt/seg
Temperatura	T	15	° C
Altura efectiva del humedal	Hh	0.60	m
DBO afluente	DBO	22.90	mg/lt
DBO esperado efluente	DBOe	20	mg/lt
Pendiente	S	1	%
Tamaño del medio filtrante: grava media	dm	32	mm
Porosidad del medio filtrante	n	0.40	-
Conductividad hidráulica del medio filtrante	Ks	10000	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> * día
Área ocupada por las plantas	Ap	0.60	m <sup>2</sup>

**DISEÑO PARA REMOCIÓN DE LA DEMANDA BIOLÓGICA DE OXÍGENO ,DBO**

**3.1.3.2.5.10.1 Constante de reacción de primer orden dependiente de la temperatura**

$$KT = K_{20} * 1.06^{T-20} \quad \text{Ecuación (142)}$$

$$KT = 1.104 * \text{día}^{-1} * 1.06^{15-20}$$

$$KT = 0.82 * \text{día}^{-1}$$

**3.1.3.2.5.10.2 Área superficial**

$$Ash = \frac{Qd * \ln\left(\frac{DBO}{DBOe}\right)}{KT * Hh * n} \quad \text{Ecuación (143)}$$

$$Ash = \frac{230.66 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} * \ln\left(\frac{22.90 \text{ mg/lt}}{20 \text{ mg/lt}}\right)}{0.82 * \text{día}^{-1} * 0.60 \text{ m} * 0.40}$$

$$Ash = 157.75 \text{ m}^2$$

**3.1.3.2.5.10.3 Ancho del Humedal**

$$Ah = \frac{1}{Hh} * \left(\frac{Qd * Ash}{S * Ks}\right)^{0.5} \quad \text{Ecuación (144)}$$

$$Ah = \frac{1}{0.60 \text{ m}} * \left(\frac{230.66 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} * 157.75 \text{ m}^2}{0.01 * 10000 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 * \text{día}}}\right)^{0.5}$$

$$Ah = 31.80 \text{ m}$$

#### 3.1.3.2.5.10.4 *Largo del Humedal*

$$Lh = \frac{Ash}{Ah} \quad \text{Ecuación (145)}$$

$$Lh = \frac{157.75 \text{ m}^2}{31.80 \text{ m}}$$

$$Lh = 4.96 \text{ m}$$

#### 3.1.3.2.5.10.5 *Relación largo/ancho*

$$R = \frac{Lh}{Ah} \quad \text{Ecuación (146)}$$

$$R = \frac{4.96 \text{ m}}{31.80 \text{ m}}$$

$$R = 0.15$$

La relación debe ser de al menos 1, por tanto, se propone otras medidas.

#### 3.1.3.2.5.10.6 *Dimensiones en función de las relaciones*

$$\text{Relación} = 1:1.5, R=1.5$$

**Ancho del humedal**

Ecuación (147)

$$Bh = \left( \frac{Ash}{R} \right)^{0.5}$$

$$Bh = \frac{157.75 \text{ m}^2}{1.5}$$

$$Bh = 10.25 \text{ m}$$

Para el cumplimiento de las consideraciones de diseño se adopta Bh=18 m.

**Largo del humedal**

Ecuación (148)

$$Lh = R * Bh$$

$$Lh = 1.5 * 18 \text{ m}$$

$$Lh = 27 \text{ m}$$

#### 3.1.3.2.5.10.7 *Área real del Humedal*

$$Arh = Bh * Lh \quad \text{Ecuación (149)}$$

$$Arh = 18\text{m} * 27\text{m}$$

$$Arh = 486 \text{ m}^2$$

#### 3.1.3.2.5.10.8 *Tiempo de residencia*

$$TRHh = \frac{Arh * Hh * n}{Qd} \quad \text{Ecuación (150)}$$

$$TRHh = \frac{486 \text{ m}^2 * 0.60 \text{ m} * 0.40}{230.66 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}}$$

$$TRHh = 0.51 \text{ día}$$

### 3.1.3.2.5.10.9 Carga orgánica

$$CO = \frac{Qd * DBO}{Arh} \quad \text{Ecuación (151)}$$

$$CO = \frac{230.66 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} * 0.0229 \text{ kg/m}^3}{486 \text{ m}^2}$$

$$CO = 0.0108 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 * \text{día}} \approx 108.69 \frac{\text{kg}}{\text{Ha} * \text{día}}$$

#### Verificación

$$CO < 112 \frac{\text{kg}}{\text{Ha} * \text{día}}$$

$$108.69 \frac{\text{kg}}{\text{Ha} * \text{día}} < 112 \frac{\text{kg}}{\text{Ha} * \text{día}}$$

CUMPLE

### 3.1.3.2.5.10.10 Número de plantas

$$Np = \frac{Arh}{Ap} \quad \text{Ecuación (152)}$$

$$Np = \frac{486 \text{ m}^2}{0.60 \text{ m}^2}$$

$$Np = 810 \text{ plantas}$$

**Tabla 103** Resultado de dimensiones del Humedal Artificial.

Parámetro	Abreviatura	Valor	Unidad
Longitud	Lh	27.0	m
Ancho	Bh	18.0	m
Profundidad de aplicación	Hh	0.60	m
Número de plantas	Np	810	Unidades

**Fuente:** El Autor

### 3.1.3.2.5.11 CÁLCULO DEL LECHO DE SECADO DE LODOS

DATOS			
Parámetro	Abreviatura	Valor	Unidad
Caudal de diseño	Qd	2.67	lt/seg
Sólidos Suspendidos	SS	447	mg/lt
Densidad o peso específico de los lodos	$\rho_{\text{lodo}}$	1.04	kg/lt
Porcentaje de sólidos contenidos en el lodo	% de lodos	12	%
Profundidad de aplicación	Ha <sub>LS</sub>	0.40	m

#### 3.1.3.2.5.11.1 Carga de sólidos que ingresan al sedimentador

Carga de sólidos o carga contaminante en base al criterio a.

$$C = Qd * SS \quad \text{Ecuación (153)}$$

$$C = 2.67 \frac{\text{lt}}{\text{seg}} * 447 \frac{\text{mg}}{\text{lt}}$$

$$C = 1193.36 \frac{\text{mg}}{\text{lt}} \approx 103.11 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

#### 3.1.3.2.5.11.2 Masa de sólidos que conforman los lodos

$$Msd = (0.5 * 0.7 * 0.5 * C) + (0.5 * 0.3 * C) \quad \text{Ecuación (155)}$$

$$Msd = \left( 0.5 * 0.7 * 0.5 * 103.11 \frac{\text{kg}}{\text{día}} \right) + \left( 0.5 * 0.3 * 103.11 \frac{\text{kg}}{\text{día}} \right)$$

$$Msd = 33.51 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

#### 3.1.3.2.5.11.3 Volumen diario de lodos digeridos

$$Vld = \frac{Msd}{\rho_{\text{lodo}} * \left( \frac{\% \text{ de lodos}}{100} \right)} \quad \text{Ecuación (156)}$$

$$Vld = \frac{33.51 \frac{\text{kg}}{\text{día}}}{1.04 \frac{\text{kg}}{\text{lt}} * \left( \frac{12}{100} \right)}$$

$$Vld = 268.51 \frac{\text{lt}}{\text{día}}$$

#### 3.1.3.2.5.11.4 Tiempo requerido para digestión de lodos [Td]

Para una temperatura de 15 °C el tiempo de digestión señalado en la Tabla 52 es:

$$Td = 55 \text{ días}$$

#### 3.1.3.2.5.11.5 Volumen de lodos a extraerse del tanque

$$Vel = \frac{Vld * Td}{1000} \quad \text{Ecuación (157)}$$



$$\text{Vel} = \frac{268.51 \frac{\text{lt}}{\text{día}} * 55 \text{ días}}{1000}$$

$$\text{Vel} = 14.77 \text{ m}^3$$

### 3.1.3.2.5.11.6 Área teórica del lecho de secado

El valor de Ha está tomado según lo recomendado en la Tabla 17.

$$\text{Ar}_{\text{LS}} = \frac{\text{Vel}}{\text{Ha}} \quad \text{Ecuación (158)}$$

$$\text{Ar}_{\text{LS}} = \frac{14.77 \text{ m}^3}{0.40 \text{ m}}$$

$$\text{Ar}_{\text{LS}} = 6.60 \text{ m}^2$$

### 3.1.3.2.5.11.7 Ancho del lecho de secado

Se estima en base a las recomendaciones indicadas en la Tabla 17.

$$\text{A}_{\text{LS}} = 5.0 \text{ m}$$

### 3.1.3.2.5.11.8 Largo del lecho de secado

$$\text{L}_{\text{LS}} = \frac{\text{Ar}_{\text{LS}}}{\text{A}_{\text{LS}}} \quad \text{Ecuación (159)}$$

$$\text{L}_{\text{LS}} = \frac{6.60 \text{ m}^2}{5.0 \text{ m}}$$

$$\text{L}_{\text{LS}} = 7.38 \text{ m} \approx 7.40 \text{ m}$$

**Tabla 104** Resultado de dimensiones del Lecho de secado de lodos.

Parámetro	Abreviatura	Valor	Unidad
Longitud	L <sub>LS</sub>	7.40	m
Ancho	A <sub>LS</sub>	5.00	m
Profundidad de aplicación	Ha	0.40	m

**Fuente:** El Autor

### 3.1.3.2.6 Comparación estado actual PTAR con la propuesta PTAR

La comunidad El Santuario perteneciente al cantón Quero cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales que presenta deficiencias en la remoción efectiva de cargas contaminantes con relación a la disposición final del agua. La Tabla 105 presenta la comparativa de los procesos de tratamiento actuales con la propuesta de mejora con la finalidad de dimensionar el impacto en la calidad del tratamiento.

**Tabla 105** Comparación de procesos y operaciones unitarias actuales y propuestos.

<b>Proceso / Operación Unitaria</b>	<b>Función</b>	<b>Estado Actual</b>	<b>Propuesta de mejora</b>
Canal de entrada	Recibir el caudal de la red de alcantarillado y estabilizar la velocidad de llegada.	Cumple con su función específica	No necesita un mejoramiento
Cribado	Separar material grueso del agua residual.	No existe	Dimensiones acordes a los criterios de diseño.
Desarenador	Sedimentación de partículas de gran volumen de peso específico mayor que los sólidos orgánicos o sólidos pesados.	No existe	Dimensiones acordes a los criterios de diseño de la OPS/CEPIS.
Trampa de grasas	Retención de la grasa en la superficie.	No existe	Dimensiones acordes a los criterios de diseño de la OPS/CEPIS y RAS 2000.
Tanque séptico	Separa los sólidos del agua residual, combina la separación y digestión de lodos	No cumple con los criterios de diseño	Dimensiones acordes a los criterios de diseño de la OPS/CEPIS y RAS 2000.
FAFA	Elimina la materia orgánica bajo condiciones anaerobias	No cumple con los criterios de diseño	Dimensiones acordes a los criterios de diseño de CONAGUA 15.
Filtro percolador	Disminuir la carga orgánica de las aguas a través de un medio filtrante	No existe	Dimensiones acordes al modelo y principios de diseño.
Sedimentador secundario	Remover la biomasa y sólidos suspendidos posterior a reactores biológicos secundarios.	No existe	Dimensiones acordes a la teoría y principios de diseño.
Humedal artificial	Depuración de aguas residuales mediante plantas y/o animales.	No existe	Dimensiones acordes a la teoría y principios de diseño.
Lecho de secado de lodos	Deshidratación de los lodos resultantes de los procesos de la PTAR	No cumple con los criterios de diseño	Dimensiones acordes a los criterios de diseño de la norma NB 688.

**Fuente:** El Autor

### 3.1.3.2.7 Plan de operación y mantenimiento para la planta de tratamiento de aguas residuales

El óptimo funcionamiento de la PTAR está relacionado a una adecuada puesta en marcha y mantenimiento de sus unidades de tratamiento durante su vida útil, es por ello por lo que se debe tener un personal competente para la supervisión de los procesos y operaciones unitarias.

#### 3.1.3.2.7.1 Plan de operación y mantenimiento para el cribado

En las rejillas de operación manual se requiere un control periódico por parte del operador para evitar su obstrucción al paso de agua debido a la acumulación de desechos de gran volumen.

**Tabla 106** Actividades de mantenimiento para el cribado.

Unidad	Actividad	Frecuencia	Personal	Equipo/Herramientas
Cribado	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Verificar la capacidad de trabajo de la rejilla</li> <li>– Remover solidos de las rejillas.</li> <li>– Disponer los sólidos recolectados en recipientes para su desecho</li> </ul>	1 vez/ 15 días	Operador	Rastrillo, pala, carretilla, EPP (Botas, guantes, mascarilla).
	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Verificar el estado físico de las barras.</li> <li>– Reparar y/o remplazar los elementos deteriorados.</li> </ul>	1 vez /año	Operador	

**Fuente:** R. Criollo [5].

#### 3.1.3.2.7.2 Plan de operación y mantenimiento para el desarenador

Para el mantenimiento de la unidad de desarenado el operador efectúa las actividades en el periodo de demanda mínima.

**Tabla 107** Actividades de mantenimiento para el desarenador

Unidad	Actividad	Frecuencia	Personal	Equipo/ Herramientas
Desarenador	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Control y monitoreo del agua y caudal de ingreso para descartar anomalías.</li> <li>-Medición del espesor del lecho de arena acumulada( &gt; 50% de la capacidad requiere limpieza).</li> <li>-Drenaje del agua residual y remover sólidos del fondo.</li> </ul>	1 vez/ 15 días	Operador	Ficha de operación o bitácora, pala , carretilla, EPP (Botas, guantes, mascarilla).

**Fuente:** R. Criollo [5].

### **3.1.3.2.7.3 Plan de operación y mantenimiento para la trampa de aceites y grasas**

Para evitar el escape de grasas a los posteriores unidades de tratamiento, el operador debe realizar su limpieza considerando como máximo cuando la unidad alcance el 75% de su capacidad para no dar lugar a la generación de olores.

**Tabla 108** Actividades de mantenimiento para la trampa de aceites y grasas.

Unidad	Actividad	Frecuencia	Personal	Equipo/Herramientas
Trampa de aceites y grasas	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Verificar la capacidad de trabajo de la unidad (&gt; 3 cm de natas y grasas).</li> <li>-Remover natas, grasas y sólidos del fondo de ser necesario.</li> <li>-Desecho de sólidos recolectados.</li> </ul>	1 vez/ 15 días	Operador	Pala, carretilla, EPP (Botas, guantes, mascarilla).

**Fuente:** R. Criollo [5].

### **3.1.3.2.7.4 Plan de operación y mantenimiento para el tanque séptico**

El mantenimiento de la unidad debe ser en concordancia al intervalo de limpieza con el que fue diseñado, una reducción o extensión de este tiempo deberá ser debidamente justificado.

**Tabla 109** Actividades de mantenimiento para el tanque séptico.

Unidad	Actividad	Frecuencia	Personal	Equipo/Herramientas
Tanque séptico	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inspección de alturas de lodos y natas.</li> <li>- Disposición de lodos en el lecho mediante las válvulas.</li> </ul>	1 vez/ 6 meses	Operador	Listón de madera, EPP (Botas, guantes, mascarilla).
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cerrar llaves de paso.</li> <li>- Ventilar el tanque abriendo todas las tapas de inspección (mínimo 15 minutos).</li> <li>- Remover las natas superficiales, puede emplearse cal hidratada o ceniza para mayor facilidad y mezclarlo con ayuda del listón de madera.</li> <li>- Retirar el lodo y natas residuales por medio de una bomba o carro cisterna equipado.</li> <li>- Disponer los sólidos recolectados en el lecho de secado.</li> </ul>	1 vez /año	Operador	Liston de madera, EPP (Botas, guantes, mascarilla), carro cisterna, bomba de vacío, manguera, pala, carretilla.

**Fuente:** R. Criollo [5].

**3.1.3.2.7.5 Plan de operación y mantenimiento para el filtro anaerobio de flujo ascendente**

Las operaciones de mantenimiento del filtro anaerobio de flujo ascendente son indispensables para evitar el desbalance del flujo e incremento de pérdida de carga debido a la acumulación de solidos en el medio filtrante.

**Tabla 110** Actividades de mantenimiento para FAFA.

Unidad	Actividad	Frecuencia	Personal	Equipo/Herramientas
Filtro anaerobio de flujo ascendente	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Escobillado de natas.</li> <li>- Extracción de material flotante.</li> </ul>	1 vez/ día	Operador	Cernideros, EPP (Botas, guantes, mascarilla).
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lavado del medio filtrante.</li> <li>- Extracción de lodos.</li> </ul>	1 vez / 3 meses	Operador	Cepillos, EPP (Botas, guantes, mascarilla).

**Fuente:** R. Vilaña [55].

### 3.1.3.2.7.6 Plan de operación y mantenimiento para el filtro percolador

La verificación completa del funcionamiento de los filtros percoladores requiere un análisis físico químico del agua residual de por lo menos 1 vez al año para determinar su eficiencia.

**Tabla 111** Actividades de mantenimiento para el filtro percolador.

Unidad	Actividad	Frecuencia	Personal	Equipo/ Herramientas
Filtro percolador	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Inspección de la capa superficial del filtro y de la estructura.</li> <li>– Retirar la vegetación otro desecho sobre el medio filtrante.</li> <li>– Disponer los desechos recolectados en sacos o fundas.</li> <li>– Limpiar el medio filtrante con agua a presión.</li> </ul>	1 vez/ 15 días	Operador	Sacos, fundas plásticas, manguera de agua, EPP (Botas, guantes, mascarilla).
Filtro percolador	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Análisis físico químico del agua.</li> </ul>	1 vez / año	Operador	EPP (Botas, guantes, mascarilla), plan de recolección de muestras, recipientes de muestreo.

**Fuente:** R. Criollo [5].

### 3.1.3.2.7.7 Plan de operación y mantenimiento para el sedimentador secundario

La operación del sedimentador secundario es similar al sedimentador primario, pero nos proporciona un efluente más clarificado. Para su óptimo funcionamiento requiere de una limpieza constante del tanque.

**Tabla 112** Actividades de mantenimiento para el sedimentador secundario.

Unidad	Actividad	Frecuencia	Personal	Equipo/Herramientas
Sedimentador secundario	–Retirar natas, espumas y solidos superficiales.	1 vez/ día	Operador	Cernideros, EPP (Botas, guantes, mascarilla).
	–Retirar el lodo y natas residuales por medio de la bomba hacia el lecho de secado.	1 vez/ mes		Bomba de succión de lodos, EPP (Botas, guantes, mascarilla).
	–Revisar la estructura, infiltración, fisuras, grietas. –Estado de las tapas de inspección, oxido, corrosión.	1 vez / año	Operador	Mortero, lijas, pintura, EPP (Botas, guantes, mascarilla).

**Fuente:** El Autor

### 3.1.3.2.7.8 Plan de operación y mantenimiento para el humedal artificial

El mayor rendimiento de los humedales artificiales se obtiene con una mantenimiento periódico y con ello evitar costosas y molestas reparaciones .

**Tabla 113** Actividades de mantenimiento para el humedal artificial.

Unidad	Actividad	Frecuencia	Personal	Equipo/Herramientas
Humedal artificial	–Control de cantidad de vegetación, resiembra de ser necesario para mantener una densidad abundante. –Control de nivel de agua (10 cm por debajo de la superficie en humedal subsuperficial). –Poda o cosecha de la vegetación	1 vez/ 6 meses	Operador	Podadoras, palas, especie vegetales, EPP (Botas, guantes, mascarilla).

**Fuente:** El Autor

**3.1.3.2.7.9 Plan de operación y mantenimiento para el lecho de secado de lodos**

La remoción de los lodos del lecho se efectúa cuando alcance una humedad manejable que permita su aprovechamiento o disposición final .

**Tabla 114** Actividades de mantenimiento para el lecho de secado de lodos.

Unidad	Actividad	Frecuencia	Personal	Equipo/ Herramientas
Lecho de secado de lodos	<ul style="list-style-type: none"> <li>–Inspección de la altura de lodo en el lecho.</li> <li>–Uniformizar la distribución del lodo para su deshidratación.</li> </ul>	1 vez/ 15 días	Operador	Pala, EPP (Botas, guantes, mascarilla).
	<ul style="list-style-type: none"> <li>–Remover lodos del lecho cuando alcance una altura considerable, pero de fácil manejo para el operador.</li> <li>–Limpiar el lecho para su próximo uso.</li> <li>–Disponer del lodo recolectado en sacos para su posterior uso como relleno o fertilizante.</li> </ul>	1 vez / 6 meses	Operador	Pala, sacos, EPP (Botas, guantes, mascarilla).

**Fuente:** R. Criollo [5].

**3.1.4 FASE 4: TRABAJO TÉCNICO**

Los planos de detalles del sistema de alcantarillado sanitario y la planta de tratamiento de aguas residuales se detallan en el Anexo N° 8.



## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1 Conclusiones

- A partir de la información recopilada en la comunidad El Santuario del cantón Quero y las encuestas aplicadas a la población dentro de los límites de influencia del proyecto se estableció una población actual de 261 habitantes donde 226 habitantes corresponde a población habitacional y 35 habitantes a población flotante permanente.
- En lo referente al material de las tuberías que componen el sistema se tiene que principalmente están conformados por hormigón con diámetros de 200 mm que se apega al mínimo según la norma y de la misma manera, con relación al estado de conservación de los pozos de revisión se tiene que el 88% de los peldaños, 88% de los fondos de las cámaras y 76% de las tapas se encuentran en estado regular, mientras que el 88% de las paredes de las cámaras se hallan en buen estado.
- La red de tuberías que componen el sistema de alcantarillado sanitario existente cumple con su función específica de recolectar, conducir y depositar las aguas servidas sanitarias hasta el punto establecido de descarga, la totalidad de los tramos operan a menos del 80% de su capacidad hidráulica establecida como la máxima para el diseño.
- Se determinó que tres tramos existentes presentan pendientes excesivas sobrepasando la velocidad máxima, condición que afecta a la integridad física de las tuberías generando un cambio significativo en el diámetro y forma del tubo, por otro lado, un tramo no cuenta con la pendiente suficiente para el óptimo arrastre de los sólidos, lo que en definitiva se traduce en la necesidad de un rediseño de los mencionados tramos (Tabla 80, Tabla 81) proponiendo para el fin el uso de tubería de PVC.

- Mediante el análisis cuantitativo de la caracterización del afluente y efluente del presente proyecto, se determina que la PTAR – El Santuario cumple parcialmente con los criterios de calidad establecidos en la normativa ambiental vigente (TULSMA 2015), para aguas tratadas de uso agrícola, el incumplimiento radica en el parámetro de aceites y grasas, y coliformes fecales. Además, sobre la base establecida por la FAO acerca del grado de calidad del agua residual definido por las características fisicoquímicas, evidencia el incumplimiento de DBO<sub>5</sub> y sólidos suspendidos.
- Mediante la evaluación del funcionamiento teórico de las unidades de tratamiento actuales, se concluye que el tanque séptico, filtro anaerobio de flujo ascendente y lecho de secado de lodos no cumplen con los parámetros de diseño especificados en las guías y manuales respectivos lo cual ratifica que la Planta de Tratamiento no cumple su objetivo de descontaminación.
- A partir de los resultados obtenidos en la evaluación de la PTAR se determina que actualmente el sistema de tratamiento de El Santuario es deficiente, y para la mejora de su funcionamiento se plantea la incorporación de nuevas unidades como: sistema de cribado, desarenador, trampa de grasas, filtro percolador, sedimentador secundario y humedal artificial, además del mejoramiento de las unidades existentes: tanque séptico, filtro anaerobio de flujo ascendente y lecho de secado de lodos.
- La alternativa de tratamiento de propuesta presenta una elevada remoción de contaminantes (Tabla 92), lo que permite el aprovechamiento del volumen de agua residual para riego agrícola, al mismo tiempo que los nutrientes residuales (N, P) contribuyen en la fertilización.

## 4.2 Recomendaciones

- Aplicar las medidas de operación y mantenimiento de los procesos y operaciones unitarios propuestos para maximizar la eficiencia de remoción de contaminantes en cada etapa.
- La construcción civil de las redes de recolección debe ejecutarse bajo un estricto control sobre todo en las juntas y uniones de tuberías para evitar altos caudales de infiltración.
- Generar los planos As-Built al término de la ejecución del proyecto para que sirva de base real para futuros estudios.
- Realizar campañas de medición de caudales incluido un análisis anual de caracterización de agua residual para generar un registro histórico y la verificación de la calidad del agua residual.
- Capacitar al personal encargado del mantenimiento para que cumplan con competencias mayor a las mínimas en la ejecución de sus funciones.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] B. Pradillo, “Aguas residuales y Roma | iAgua,” 2016. <https://www.iagua.es/blogs/beatriz-pradillo/aguas-residuales-y-roma> (accessed Sep. 18, 2021).
- [2] A. Sáez and J. Urdaneta, “Manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe,” *Omnia*, vol. 20, no. 03, pp. 121–135, 2014, doi: 10.5860/choice.44-1347.
- [3] R. D. García Sánchez and G. E. Tasipanta Caiza, “Evaluación y diseño del sistema de alcantarillado sanitario de la parroquia rural Cotogchoa, cantón Rumiñahui, provincia Pichincha,” Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Ecuador, 2020.
- [4] J. D. Pillapa Ponluisa, “Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la parroquia El Corazón, cantón Pangua, provincia Cotopaxi,” Universidad Técnica de Ambato, Ecuador, 2021.
- [5] R. A. Criollo Espín, “Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comunidad de Puñachizag, cantón Quero, provincia de Tungurahua,” Universidad Técnica de Ambato, Ecuador, 2021.
- [6] Y. M. Quispe Sencia, “Evaluación y propuesta técnica de una planta de tratamiento de aguas residuales con fines de reuso en la agricultura, para las localidades de Miraflores, las Yaras y Buena vista en el distrito de Sama-Tacna,” Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Perú, 2019.
- [7] SENPLADES, “Plan Nacional de Desarrollo Toda una vida,” 2017. <https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2020/03/Plan-Nacional-de-Desarrollo-para-publicar-en-web-actualizado.pdf>.
- [8] CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR, “Decreto Legislativo 0,” *Registro Oficial 449*. Quito, Oct. 20, 2008, [Online]. Available: [https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/02/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador\\_act\\_ene-2021.pdf](https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/02/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador_act_ene-2021.pdf).
- [9] CÓDIGO ORGÁNICO DEL AMBIENTE, “Ley 0,” *Registro Oficial Suplemento 983*. Apr. 12, 2017, [Online]. Available:

- [https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/CÓDIGO\\_ORGÁNICO\\_AMBIENTE.pdf](https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/CÓDIGO_ORGÁNICO_AMBIENTE.pdf).
- [10] LEY ORGÁNICA DE RECURSOS HÍDRICOS USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA, “Ley 0,” *Registro Oficial Suplemento 305*. Quito, Aug. 06, 2014, [Online]. Available: <http://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/03/Ley-Orgánica-de-Recursos-Hídricos-Usos-y-Aprovechamiento-del-Agua.pdf>.
- [11] LEY ORGÁNICA DE SALUD, “Ley 67,” *Registro Oficial Suplemento 423*. Quito, Dec. 22, 2006, [Online]. Available: <https://www.salud.gob.ec/wp-content/uploads/2017/03/LEY-ORGÁNICA-DE-SALUD4.pdf>.
- [12] LEY DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL, “Codificación 20,” *Registro Oficial Suplemento 418*. Quito, Sep. 10, 2004, [Online]. Available: <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/LEY-DE-PREVENCION-Y-CONTROL-DE-LA-CONTAMINACION-AMBIENTAL.pdf>.
- [13] Texto Unificado De Legislación Secundaria De Medio Ambiente (TULSMA), “Decreto Ejecutivo 3516,” *Registro Oficial Edición Especial 2*. Ecuador, 2018, [Online]. Available: [www.lexis.com.ec](http://www.lexis.com.ec).
- [14] G. M. Fernández de Lara, “Problemática de los sistemas de alcantarillado,” Universidad Nacional Autónoma de México, 2014.
- [15] J. A. Vásquez Brito, “Introducción a Sistemas de Alcantarillado.” <https://pdfcoffee.com/introduccion-a-sistemas-de-alcantarillado-2-pdf-free.html>.
- [16] B. Tibán, “Diseño del alcantarillado sanitario, para mejorar la calidad de vida de la comunidad de Hualcanga La Dolorosa, del cantón Quero, provincia de Tungurahua,” Universidad Técnica de Ambato, Ecuador, 2021.
- [17] CPE INEN 5 PARTE 9-1, “Normas Para Estudio Y Diseño De Sistemas De Agua Potable Y Disposición De Aguas Residuales Para poblaciones mayores a 1000 habitantes.,” *Código Ecuatoriano de la Construcción*, 1992. [https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/cpe\\_inen\\_5 Parte\\_9-1.pdf](https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/cpe_inen_5_Parte_9-1.pdf).
- [18] D. J. Castillo Sarango and D. H. Hidalgo Robalino, “Diseño del sistema de

- alcantarillado sanitario y tratamiento de aguas residuales para la cabecera cantonal ‘Malimpia’ ubicada en el cantón Quinindé, provincia de Esmeraldas,” Escuela Politécnica Nacional, Ecuador, 2006.
- [19] R. del P. Manobanda Supe, “Las aguas residuales y su incidencia en la condición sanitaria de los habitantes de Huapante Grande, parroquia San Andrés, cantón Píllaro provincia de Tungurahua,” Universidad Técnica de Ambato, Ecuador, 2015.
- [20] EMAAP-Q, “Normas de diseño de sistemas de alcantarillado para la EMAAP-Q,” 2009. [https://www.ecp.ec/wp-content/uploads/2017/08/NORMAS\\_ALCANTARILLADO\\_EMAAP.pdf](https://www.ecp.ec/wp-content/uploads/2017/08/NORMAS_ALCANTARILLADO_EMAAP.pdf).
- [21] Norma Boliviana NB 688, “Reglamentos técnicos de diseño de sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial.” 2007.
- [22] RAS – 2000, “Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico: Sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales domésticas y aguas lluvias,” *TÍTULO D*. Bogotá, 2015, [Online]. Available: [http://cra.gov.co/apc-aa-files/37383832666265633962316339623934/7.\\_Tratamiento\\_de\\_aguas\\_residuales.pdf](http://cra.gov.co/apc-aa-files/37383832666265633962316339623934/7._Tratamiento_de_aguas_residuales.pdf).
- [23] OPS, “Guías Para el Diseño de Tecnologías de Alcantarillado,” *OPS/CEPIS/05.169*. Lima, p. 73, 2005, [Online]. Available: <http://www.bvsde.ops-oms.org/tecapro/documentos/sanea/169esp-diseno-alcantar.pdf>.
- [24] D. G. Mora Balamba and V. Ávila Cruz, “Afectación del coeficiente de rugosidad para la ecuación de Manning con el envejecimiento de tuberías de diferentes materiales,” Universidad Católica de Colombia, Bogotá, 2019.
- [25] V. Lahera Ramón, “Infraestructura sustentable: Las plantas de tratamiento de aguas residuales,” *Quivera. Rev. Estud. Territ.*, vol. 12, no. 2, pp. 58–69, 2010, [Online]. Available: <https://www.redalyc.org/pdf/401/40115676004.pdf>.
- [26] R. Rojas, “Curso internacional ‘Gestión integral de tratamiento de aguas residuales,’” in *Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales*, 2002, pp. 1–20, [Online]. Available: [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/57123734/GESTION\\_INTEGRAL\\_DE\\_L\\_TRATAMIENTO\\_AR-with-cover-page-](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/57123734/GESTION_INTEGRAL_DE_L_TRATAMIENTO_AR-with-cover-page-)

v2.pdf?Expires=1632585482&Signature=cmlBwuGz0EaXINZxZwvh8gDAf3p~sYoanedooLvTcBEuTdd831pw~l2n8HaVxKOJusnqKiqHZuIjQZL1P51j5fqtEsLuVQ1Y9VQqOLuL~45OG0WNYXq9gh3p.

- [27] Metcalf & Eddy, *Ingeniería de aguas residuales: Tratamiento, vertido y reutilización Volumen I*, Volumen I. Madrid, 1995.
- [28] J. A. Romero Rojas, *Tratamiento de Aguas Residuales: Teoría y principios de diseño*, Tercera Ed. Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería, 2004.
- [29] RAS-2000, “Reglamento Técnico del Sector Agua Potable y Saneamiento Básico :Tratamiento De Aguas Residuales,” *SECCIÓN II, TÍTULO E*. Bogotá, 2000, [Online]. Available: [http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/010710\\_ras\\_titulo\\_e\\_.pdf](http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/010710_ras_titulo_e_.pdf).
- [30] OPS/CEPIS/05.158, “Guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores.” Lima, 2005, [Online]. Available: [https://sswm.info/sites/default/files/reference\\_attachments/OPS\\_2005b\\_Guía\\_desarenadores\\_y\\_sedimentadores.pdf](https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/OPS_2005b_Guía_desarenadores_y_sedimentadores.pdf).
- [31] RAS – 2000, “Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico: Sistemas de Acueducto,” *TÍTULO B*. 2010, [Online]. Available: <http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/TITULO B 030714.pdf>.
- [32] OPS/CEPIS/03.81, “Especificaciones Técnicas para el Diseño de Trampa de Grasa.” Lima, 2003, [Online]. Available: <http://www.ingenieroambiental.com/4014/xv.pdf>.
- [33] M. Ortega Díaz, “Estudio hidrodinámico de los parámetros de diseño en sedimentadores de flujo horizontal empleados en pequeñas plantas de tratamiento de residuales,” Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, 2016.
- [34] Metcalf & Eddy, *Ingeniería de aguas residuales: Tratamiento, vertido y reutilización Volumen II*, Volumen II. Madrid, 1995.
- [35] OPS/CEPIS/05.163, “Guía para el diseño de Tanques Sépticos, Tanques Imhoff y Lagunas de estabilización.” *Publicaciones Estadísticas y Geográficas. SINA*. Lima, 2005.
- [36] Norma Técnica I.S. 020, “Tanques sépticos.” Perú.

- [37] Norma Boliviana NB 688, “Norma Técnica de diseño para Sistemas de Alcantarillado y Tratamiento de Aguas Residuales.” Dirección General de Saneamiento Básico del Ministerio de Vivienda y Servicios Básicos & IBNORCA, Bolivia, 2001.
- [38] CONAGUA, “Operación y Mantenimiento de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Tratamiento y Disposición de Lodos,” in *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento*, México, 2015.
- [39] CONAGUA, “Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales : Filtros Anaerobios de Flujo Ascendente,” in *Manual de Agua Potable , Alcantarillado y Saneamiento*, México, 2015.
- [40] O. Delgadillo, A. Camacho, M. Andrade, and L. Pérez, “Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales.” Bolivia, p. 115, 2010.
- [41] J. A. Lara Borrero, “Depuración de Aguas Residuales Municipales con Humedales Artificiales,” Universidad Politécnica de Cataluña, 1999.
- [42] J. Sánchez and S. Román, “Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales Industriales para una empresa Empacadora y Exportadora de Camarón en la ciudad de Guayaquil,” Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador, 2020.
- [43] M. Y. De la Vega Salazar, *Eficiencia en Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales*, Primera Ed. México, 2012.
- [44] A. A. Castañeda Villanueva and H. E. Flores López, “Tratamiento de aguas residuales domésticas mediante plantas macrófitas típicas en Los Altos de Jalisco, México,” *PaakatRevista Tecnol. y Soc.*, vol. 3, no. 5, pp. 1–14, 2013, [Online]. Available: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=499051554003>.
- [45] MINISTERIO DE VIVIENDA CIUDAD Y TERRITORIO DE COLOMBIA, “Resolución 0330: Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico -RAS,” *Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. República de Colombia*. p. 182, 2017, [Online]. Available: <http://www.minvivienda.gov.co/ResolucionesAgua/0330 - 2017.pdf>.
- [46] G. F. Arias Rondón, *El proyecto de investigación: Introducción a la metodología científica*, 5th ed. Caracas-Venezuela: EPISTEME C.A, 2006.
- [47] C. Ayala and E. Diaz, “Manual para el diseño de unidades de tipo biológico en Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales domésticas en el Salvador.”




- Universidad de El Salvador, San Salvador, 2008.
- [48] C. A. Lemos Chernicharo, “Anaerobic Reactors,” in *Biological Wastewater Treatment series*, Brasil: IWA Publishing, 2007.
- [49] V. Maldonado Yactayo, “Sedimentación,” in *Ingeniería Ambiental*, Perú.
- [50] R. Ayala and G. Gonzales, “Apoyo didáctico en la enseñanza – aprendizaje de la asignatura de plantas de tratamiento de aguas residuales,” Universidad Mayor de San Simón, Bolivia, 2008.
- [51] Cueva Consultores, “Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Del Cantón Quero Actualización Pdot-Quero 2014:Actualización Del Plan De Desarrollo Y Ordenamiento Territorial Del Cantón Santiago De Quero Provincia De Tungurahua. Cantón Quero-2015 Fase I,” 2015. [http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL\\_SNI/data\\_sigad\\_plus/sigadplusdiagnostico/1860000800001\\_PDYOT\\_QUERO\\_CONSOLIDADO\\_19-04-2015\\_20-19-44.pdf](http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/1860000800001_PDYOT_QUERO_CONSOLIDADO_19-04-2015_20-19-44.pdf).
- [52] TRACASA-NIPSA, “Memoria técnica cantón Quero/Bloque 1.1 ‘Levantamiento de cartografía temática escala 1:25.000, lote 1’ cobertura y uso de la tierra sistemas productivos zonas homogéneas de cultivo,” 2014. [Online]. Available: [http://metadatos.sigtierras.gob.ec/pdf/Memoria\\_tecnica\\_Coberturas\\_QUERO\\_20150306.pdf](http://metadatos.sigtierras.gob.ec/pdf/Memoria_tecnica_Coberturas_QUERO_20150306.pdf).
- [53] INEC, “Ficha de cifras generales cantón ubicación geográfica,” 2014. [Online]. Available: [http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/Portal\\_SNI\\_2014/FICHAS\\_F/1806\\_QUERO\\_TUNGURAHUA.pdf](http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/Portal_SNI_2014/FICHAS_F/1806_QUERO_TUNGURAHUA.pdf).
- [54] CONAGUA, “Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Procesos Avanzados con Fines de Reuso,” in *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento*, México, 2015.
- [55] R. J. Vilaña, “Evaluación y rediseño del sistema de tratamiento de aguas residuales para los barrios Villaflora y el Rosario, parroquia Píntag, cantón Quito, provincia de Pichincha,” Escuela Politécnica Nacional, Ecuador, 2016.


## ANEXOS

### 5.1 Anexo N° 1 Fotografías

<b>Fotografía N° 1</b>	<b>Fotografía N° 2</b>
	
Levantamiento topográfico PTAR	Levantamiento topográfico El Santuario
<b>Fotografía N° 3</b>	<b>Fotografía N° 4</b>
	
Inspección pozo de revisión	Pozo de revisión
<b>Fotografía N° 5</b>	<b>Fotografía N° 6</b>
	
Aforo: Caudal de ingreso PTAR	Aforo: Caudal de salida PTAR

<b>Fotografía N° 7</b>	<b>Fotografía N° 8</b>
	
Muestreo al ingreso de la PTAR	Muestreo a la salida de la PTAR
<b>Fotografía N° 9</b>	<b>Fotografía N° 10</b>
	
Medición geométrica del tanque séptico	Medición geométrica del FFAFA
<b>Fotografía N° 11</b>	<b>Fotografía N° 12</b>
	
Medición geométrica del lecho de secado de lodos	Encuesta a habitante de la comunidad (1)



<b>Fotografía N° 13</b>	<b>Fotografía N° 14</b>
	
Encuesta a habitante de la comunidad (2)	Encuesta a habitante de la comunidad (3)
<b>Fotografía N° 15</b>	<b>Fotografía N° 16</b>
	
Encuesta a habitante de la comunidad (4)	Encuesta a habitante de la comunidad (5)

## 5.2 Anexo N° 2 Formato de encuesta



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA				
<b>ENCUESTA SOCIO ECONÓMICA Y DE SERVICIOS BÁSICOS PARA ESTUDIOS DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADOS</b>						
<b>PROYECTO:</b> DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE VIDA DE LA COMUNIDAD "EL SANTUARIO", PARROQUIA LA MATRIZ, CANTÓN QUERO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"						
NUMERO DE ENCUESTA		FECHA	DÍA      MES      AÑO			
NOMBRE DEL PROPIETARIO	APELLIDOS		NOMBRES			
<i>COLOQUE UNA X EN EL CASILLERO Y RESPONDA LO QUE CONSIDERE</i>						
1. GRUPO ÉTNICO	BLANCA	MESTIZA	INDÍGENA      AFRO ECUATORIANA			
2. VIVIENDA	TIPO DE ESTRUCTURA		N° DE PISOS			
3. POBLACIÓN	HOMBRES	MUJERES	NIÑOS      NIÑAS      TOTAL DE MIEMBROS			
4. ACTIVIDAD ECONÓMICA	AGRICULTOR		OBREROS			
	GANADERO		JORNALERO			
	EMP. PRIVADO		COMERCIANTE			
5. INGRESOS FAMILIARES	# HOMBRES QUE TRABAJAN	INGRESO ANUAL	MADRE			
			PADRE			
	# MUJERES QUE TRABAJAN		HIJOS MAYORES DE 18 AÑOS			
			HIJOS MENORES DE 18 AÑOS			
			INGRESOS POR BONOS			
		OTROS INGRESOS				
6. ORGANIZACIÓN DE LA COMUNIDAD	<i>EXISTEN EN LA COMUNIDAD CON UNA O VARIAS ORGANIZACIONES:</i>		<i>USTED O ALGUIEN DE SU FAMILIA PERTENECE ALGUNA ORGANIZACIÓN</i>			
	DIRECTIVA DEL BARRIO		SI			
	JUNTA DE AGUA POTABLE		NO			
	JUNTA DE RIEGO					
	OTRAS					
7. SERVICIOS BÁSICOS	AGUA P.	LUZ	TELF. MÓVIL	TELF. FIJO	RECOLECCIÓN DE BASURAS	
8. DISPOSICIÓN DE EXCRETAS	SE ENCUENTRA CONECTADO AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO?			SI		
				NO		
	COMO ELIMINA LOS DESECHOS SOLIDOS?			DONDE ELIMINAN EL AGUA UTILIZADA PARA EL LAVADO DE ROPA, OLLAS Y PLATOS.		
	ALC. SANIT.	LETRINA	OTROS	ALC. SANIT.	FOSA SÉPTICA      OTROS	
9. SALUD	<i>ENFERMEDADES QUE MAS AFECTAN A LOS NIÑOS</i>					
	DIARREA	PARASITOSIS	RESPIRATORIA	INFECIOSAS	OTRAS	
10. ACTITUD HACIA EL PROYECTO					SI	NO
	CONSIDERA QUE HACE FALTA UN BUEN SISTEMA DE ALCANTARILLADO ?					
	CONSIDERA IMPORTANTE EL MEJORAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO PARA EVITAR MALOS OLORES					
	LE GUSTARÍA TENER ALCANTARILLADO SANITARIO ?					
	ESTARÍA DISPUESTO A CUIDAR EL NUEVO SISTEMA DE ALCANTARILLADO?					
11. COORDENADAS DE LAS VIVIENDAS ENCUESTADAS	COORDENADA X		COORDENADA Y		ELEVACIÓN	

Fuente: El Autor











• **POBLACIÓN FLOTANTE**

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
<b>POBLACIÓN FLOTANTE</b>			
<b>PROYECTO:</b> DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE VIDA DE LA COMUNIDAD "EL SANTUARIO", PARROQUIA LA MATRIZ, CANTÓN QUERO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"			
<b>ENTIDAD:</b> ANTIGUA ESCUELA FISCAL MIXTA "MACHINAZA" Y JARDÍN "ESTRELLITAS DEL SABER"			
<b>ACTIVIDAD:</b> ENSEÑANZA Y EDUCACION	ÁREA	0.723 Ha	
DESCRIPCIÓN		NÚMERO DE HABITANTES	
PERSONAL DOCENTE Y ADMINISTRATIVO		3	
PERSONAL ESTUDIANTIL		76	
<b>POBLACIÓN FLOTANTE =</b>		79	

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
<b>POBLACIÓN FLOTANTE</b>			
<b>PROYECTO:</b> DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE VIDA DE LA COMUNIDAD "EL SANTUARIO", PARROQUIA LA MATRIZ, CANTÓN QUERO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"			
<b>ENTIDAD:</b> AGRO EL SANTUARIO			
<b>ACTIVIDAD:</b> INSUMOS AGRICOLAS	ÁREA	0.006 Ha	
DESCRIPCIÓN		NÚMERO DE HABITANTES	
PERSONAL ADMINISTRATIVO		2	
<b>POBLACIÓN FLOTANTE =</b>		2	

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
<b>POBLACIÓN FLOTANTE</b>			
<b>PROYECTO:</b> DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE VIDA DE LA COMUNIDAD "EL SANTUARIO", PARROQUIA LA MATRIZ, CANTÓN QUERO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"			
<b>ENTIDAD:</b> EX CENTRO DE SALUD			
<b>ACTIVIDAD:</b> SALUD	ÁREA	0.19 Ha	
DESCRIPCIÓN		NÚMERO DE HABITANTES	
MÉDICO		1	
ENFERMERA		1	
OBSTETRIZ		1	
POBLACIÓN SERVIDA		50	
<b>POBLACIÓN FLOTANTE =</b>		53	

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
<b>POBLACIÓN FLOTANTE</b>			
<b>PROYECTO:</b> DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE VIDA DE LA COMUNIDAD "EL SANTUARIO", PARROQUIA LA MATRIZ, CANTÓN QUERO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"			
<b>ENTIDAD:</b> IGLESIA EL SANTUARIO			
<b>ACTIVIDAD:</b> EVENTOS CATÓLICOS, CATEQUESIS	ÁREA	0.04 Ha	
DESCRIPCIÓN		NÚMERO DE HABITANTES	
PERSONAL ECLESIASTICO		2	
PERSONAL ASISTENTE		50	
<b>POBLACIÓN FLOTANTE =</b>		52	

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
<b>POBLACIÓN FLOTANTE</b>			
<b>PROYECTO:</b> DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE VIDA DE LA COMUNIDAD "EL SANTUARIO", PARROQUIA LA MATRIZ, CANTÓN QUERO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"			
<b>ENTIDAD:</b> RESTAURANT			
<b>ACTIVIDAD:</b> PREPARACION DE PRODUCTOS COMESTIBLES	ÁREA	0.01 Ha	
DESCRIPCIÓN		NÚMERO DE HABITANTES	
PERSONAL ADMINISTRATIVO		2	
PERSONAL COMENSAL		20	
<b>POBLACIÓN FLOTANTE =</b>		22	

<b>POBLACIÓN FLOTANTE TOTAL =</b>	208
-----------------------------------	-----

Fuente: El Autor



## 5.4 Anexo N° 4 Ficha de revisión de pozos



### FICHA DE CATASTRO DE POZOS DE REVISIÓN

**PROYECTO:** DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE VIDA DE LA COMUNIDAD “EL SANTUARIO”, PARROQUIA LA MATRIZ, CANTÓN QUERO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”

<b>NUMERO DE POZO</b>	
-----------------------	--

<b>COORDENADAS</b>	<b>COORDENADA X</b>	<b>COORDENADA Y</b>	<b>ELEVACIÓN</b>

<b>CARACTERÍSTICAS DEL POZO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>TAPA</b>	<b>ESCALERA</b>	<b>PAREDES</b>	<b>FONDO</b>	<b>FORMA</b>
	Material	NO				
		HF				
		HA				
	Estado	B				
		R				
M						
Diámetro						

<b>TUBERÍAS DE ENTRADA Y SALIDA DEL POZO</b>	<b>TRAMO</b>	<b>TIPO DE TUBERÍA</b>	<b>ENTRADA / SALIDA</b>	<b>DIÁMETRO</b>	<b>ALTURA</b>	<b>OBSERVACIONES</b>

<b>OBSERVACIONES</b>	.....
	.....
	.....
	.....

<b>NOMENCLATURA</b>	<i>NO</i>	No existe	<i>B</i>	Bueno
	<i>HF</i>	Hierro fundido	<i>R</i>	Regular
	<i>HA</i>	Hormigón armado	<i>M</i>	Malo

**Fuente:** El Autor

## 5.5 Anexo N° 5 Datos topográficos

Punto	Este	Norte	Elevación	Descripción	Punto	Este	Norte	Elevación	Descripción
1	771914.2836	9839794.4443	3534.0000	ESS1	56	771547.9850	9839671.9579	3520.6240	Vía
2	771611.8737	9839775.4681	3521.2650	Vía	57	771549.5285	9839672.7736	3520.7690	Pozo
3	771965.2734	9839791.4102	3537.0480	Vía	58	771528.7063	9839737.3767	3514.0260	Vía
4	771921.0224	9839793.0319	3534.0800	Vía	59	771527.1366	9839742.3775	3513.9160	Vía
5	771921.0318	9839790.1902	3534.1240	Vía	60	771525.5083	9839743.0792	3513.8860	Vía
6	771873.4293	9839790.2124	3532.8030	Vía	61	771523.2384	9839742.9386	3513.8170	Vía
7	771873.5011	9839792.8390	3532.8310	Vía	62	771522.6490	9839745.9820	3513.7860	Vía
8	771835.9203	9839789.8885	3531.1700	Vía	63	771527.3182	9839746.9023	3513.7510	Vía
9	771836.2225	9839786.9095	3531.0730	Vía	64	771533.4418	9839748.6341	3513.7950	Vía
10	771799.9417	9839785.5830	3528.4710	Vía	65	771504.5767	9839737.7510	3513.5220	Vía
11	771798.3891	9839782.5476	3528.4710	Vía	66	771503.8178	9839741.9728	3513.5860	Vía
12	771763.8655	9839781.8873	3526.9140	Vía	67	771482.6680	9839734.8054	3513.6920	Vía
13	771763.7988	9839779.2512	3526.8990	Vía	68	771483.3969	9839731.3311	3513.6880	Vía
14	771718.6675	9839778.2464	3524.8840	Vía	69	771468.3039	9839725.9511	3513.6050	Vía
15	771716.1171	9839780.8286	3524.8260	Vía	70	771466.8808	9839728.9083	3513.5760	Vía
16	771672.8753	9839778.6662	3524.2510	Vía	71	771456.7129	9839724.7259	3513.4900	Vía
17	771672.8305	9839775.0048	3524.1610	Vía	72	771457.8527	9839721.0927	3513.5970	Vía
18	771650.3720	9839773.0455	3523.6760	Vía	73	771456.5102	9839719.5564	3513.6220	Vía
19	771647.4701	9839776.1508	3523.6420	Vía	74	771456.4247	9839718.6415	3513.6030	Vía
20	771666.1766	9839773.4715	3523.5440	ES3	75	771449.2535	9839715.5313	3513.3430	Vía
21	771649.8192	9839775.7540	3523.2040	Pozo	76	771445.9184	9839720.4338	3513.1350	Vía
22	771624.4245	9839776.0041	3521.6620	Vía	77	771437.4924	9839717.3184	3512.8480	Vía
23	771625.4145	9839772.4564	3521.6250	Vía	78	771438.3562	9839713.5125	3512.9570	Vía
24	771614.8012	9839774.4940	3521.1350	Pozo	79	771416.1523	9839705.2578	3512.6740	Vía
25	771508.1852	9839743.9625	3513.6590	ES4	80	771414.4297	9839709.0561	3512.5900	Vía
26	771585.1072	9839763.8845	3516.8510	Pozo	81	771396.8613	9839702.8584	3512.6870	Vía
27	771590.5828	9839762.1056	3517.3170	Vía	82	771397.8529	9839698.6263	3512.7830	Vía
28	771590.3916	9839757.0895	3517.6160	Vía	83	771383.8414	9839693.8526	3512.9130	Vía
29	771595.3166	9839740.8728	3519.4890	Vía	84	771382.1581	9839697.8417	3512.9340	Vía
30	771589.9644	9839741.2103	3519.1960	Vía	85	771383.2523	9839696.5014	3512.9650	Pozo
31	771587.1897	9839750.6954	3518.0790	Vía	86	771362.7911	9839691.3273	3513.2740	Vía
32	771584.5597	9839757.4400	3517.1240	Vía	87	771363.0123	9839686.7756	3513.3020	Vía
33	771580.5358	9839760.3511	3516.1970	Vía	88	771344.8416	9839680.9110	3513.9150	Vía
34	771579.5406	9839764.4922	3516.0800	Vía	89	771343.6107	9839684.8366	3513.8130	Vía
35	771572.7738	9839769.2375	3514.6840	Vía	90	771319.8196	9839676.9360	3514.2010	Pozo
36	771573.8982	9839771.2318	3514.7030	Vía	91	771315.2752	9839672.3236	3514.4940	ES5
37	771584.2907	9839766.1236	3516.6540	Vía	92	771455.5607	9839719.1758	3513.5980	ES6
38	771598.0477	9839770.4511	3518.5760	Vía	93	771451.6629	9839713.9425	3513.4730	Vía
39	771599.2277	9839767.0713	3518.5910	Vía	94	771457.1375	9839716.1418	3513.6490	Vía
40	771567.5178	9839759.8276	3514.7740	Vía	95	771461.2232	9839691.7557	3514.3830	Vía
41	771568.6817	9839756.8828	3514.8360	Vía	96	771465.4468	9839693.4308	3514.3970	Vía
42	771552.9934	9839751.4189	3514.0800	Vía	97	771469.8609	9839668.0237	3515.0090	Vía
43	771551.1266	9839754.1999	3514.0570	Vía	98	771474.3350	9839669.0473	3515.1570	Vía
44	771534.1066	9839748.8659	3513.8130	Vía	99	771478.8525	9839640.3160	3515.1140	Vía
45	771535.5888	9839745.5975	3513.8670	Vía	100	771483.3899	9839640.6090	3515.2840	Vía
46	771534.1565	9839743.8455	3513.9270	Vía	101	771481.6157	9839641.1176	3515.3070	Pozo
47	771533.1260	9839741.2570	3513.9900	Vía	102	771486.3797	9839613.9560	3515.2530	Vía
48	771535.1472	9839728.0749	3515.0630	Vía	103	771490.4868	9839614.9493	3515.3370	Vía
49	771531.5649	9839727.4624	3514.9870	Vía	104	771499.1669	9839585.5557	3515.7100	Vía
50	771536.4155	9839709.4684	3517.4570	Vía	105	771494.9284	9839584.3147	3515.6360	Vía
51	771540.1278	9839709.6711	3517.5980	Vía	106	771497.4666	9839572.1819	3516.1460	Vía
52	771541.9135	9839691.9610	3519.5380	Vía	107	771496.4121	9839566.1086	3516.6310	Vía
53	771545.3632	9839693.4953	3519.5010	Vía	108	771491.4293	9839561.0922	3517.0540	Vía
54	771541.1698	9839703.4184	3518.5500	Pozo	109	771483.6992	9839557.5912	3517.3860	Vía
55	771551.8037	9839674.0785	3520.5690	Vía	110	771485.1343	9839553.2413	3517.4590	Vía

Punto	Este	Norte	Elevación	Descripción	Punto	Este	Norte	Elevación	Descripción
111	771466.3197	9839551.5876	3518.7340	Vía	170	771569.9714	9839602.2649	3522.8330	ES9
112	771467.4064	9839547.2466	3518.6440	Vía	171	771550.4079	9839665.5246	3520.9260	Vía
113	771450.0393	9839541.2575	3520.1410	Vía	172	771561.8006	9839646.1569	3521.0970	Vía
114	771448.7715	9839545.6852	3520.1720	Vía	173	771558.4831	9839643.1047	3521.1010	Vía
115	771433.8455	9839540.2188	3521.0110	Vía	174	771566.8862	9839620.2616	3521.5920	Vía
116	771438.5475	9839537.0327	3520.9300	Vía	175	771571.4797	9839620.5913	3521.6530	Vía
117	771434.1911	9839539.6155	3521.0490	Pozo	176	771579.1604	9839601.6541	3522.3180	Vía
118	771423.4653	9839536.4528	3521.1390	Vía	177	771574.0586	9839599.6862	3522.3280	Vía
119	771422.5152	9839530.9482	3521.1000	Vía	178	771630.9690	9839606.7056	3523.4040	Vía
120	771407.3829	9839530.4531	3520.4390	Vía	179	771642.8247	9839610.7529	3524.1990	Vía
121	771409.6679	9839526.2315	3520.5830	Vía	180	771652.1344	9839612.8500	3524.9080	Vía
122	771433.4806	9839530.3919	3521.5330	Vía	181	771651.2908	9839617.7354	3524.4360	Vía
123	771438.0652	9839532.6453	3521.2760	Vía	182	771647.5998	9839619.3422	3524.1030	Vía
124	771458.4124	9839467.0571	3532.7660	ES7	183	771646.1391	9839622.6513	3523.8430	Vía
125	771524.0111	9839486.9908	3536.9950	Pozo	184	771641.9581	9839621.7753	3523.8770	Vía
126	771523.9627	9839491.1014	3536.4440	D	185	771641.7446	9839617.9797	3523.9370	Vía
127	771519.8829	9839491.8750	3536.0500	D	186	771639.0341	9839614.3705	3523.8210	Vía
128	771518.0947	9839501.7781	3533.1910	D	187	771633.2172	9839639.2944	3523.3010	Vía
129	771521.4735	9839502.9932	3532.9460	D	188	771636.4304	9839642.1775	3523.3130	Vía
130	771535.2412	9839441.3314	3540.9590	Vía	189	771624.8119	9839663.6633	3522.9670	Vía
131	771540.0362	9839443.0615	3541.1990	Vía	190	771620.7644	9839661.6763	3522.9540	Vía
132	771533.7734	9839463.7793	3539.6170	Vía	191	771612.3368	9839678.7233	3522.8750	Vía
133	771528.1282	9839463.3170	3539.3940	Vía	192	771615.9747	9839680.9276	3522.7900	Vía
134	771523.1623	9839479.5128	3537.3110	Vía	193	771608.2585	9839698.4051	3522.4120	Vía
135	771527.3196	9839482.7799	3537.3030	Vía	194	771604.5689	9839697.2829	3522.5010	Vía
136	771515.2915	9839512.6421	3530.0190	D	195	771603.8290	9839703.6652	3522.3770	Pozo
137	771518.5864	9839514.5823	3529.6960	D	196	771602.7166	9839714.6109	3521.5970	Vía
138	771515.9736	9839524.0781	3527.0680	D	197	771599.9072	9839712.5717	3521.7510	Vía
139	771512.4332	9839523.6768	3527.0190	D	198	771596.2397	9839723.8934	3520.8320	Vía
140	771513.0156	9839534.8174	3523.8380	D	199	771599.5471	9839725.1687	3520.7100	Vía
141	771509.0320	9839534.8552	3523.5660	D	200	771466.1684	9839470.0285	3532.9100	Vía
142	771508.7794	9839545.9908	3520.4950	D	201	771469.4668	9839465.6614	3533.2020	Vía
143	771505.4739	9839545.0127	3520.5870	D	202	771481.2696	9839470.0872	3533.7140	Vía
144	771502.5687	9839554.6509	3518.0220	D	203	771480.6003	9839474.7532	3533.8730	Vía
145	771505.1942	9839556.8620	3517.8470	D	204	771499.9998	9839481.9005	3534.9710	Vía
146	771505.1590	9839560.3621	3517.3090	Vía	205	771502.3466	9839479.0250	3535.0320	Vía
147	771500.8932	9839558.4254	3517.3820	Vía	206	771517.0294	9839483.4163	3536.1930	Vía
148	771505.8823	9839561.3326	3517.2980	ES8	207	771521.1397	9839482.1882	3536.9120	Vía
149	771507.5674	9839566.4873	3517.0890	Vía	208	771523.2086	9839480.2963	3537.2600	Vía
150	771508.7853	9839562.1354	3517.4280	Vía	209	771512.9184	9839486.1573	3535.8150	Vía
151	771527.8529	9839574.9490	3518.2550	Vía	210	771460.4940	9839462.2433	3532.9720	Vía
152	771529.2421	9839570.7256	3518.3580	Vía	211	771456.3379	9839461.6561	3532.8000	Vía
153	771547.5107	9839578.2162	3519.8540	Vía	212	771455.1058	9839464.9998	3532.7080	Vía
154	771547.0714	9839582.9652	3519.8140	Vía	213	771434.8475	9839459.0367	3532.2510	Vía
155	771568.6677	9839592.2086	3521.9090	Vía	214	771435.3649	9839454.5706	3532.1860	Vía
156	771571.1983	9839587.5776	3522.0120	Vía	215	771422.3879	9839450.1480	3531.5570	Vía
157	771583.3534	9839591.2730	3522.4990	Vía	216	771420.5046	9839454.4834	3531.5940	Vía
158	771583.2395	9839597.9783	3522.4480	Vía	217	771421.7776	9839452.5105	3531.6960	Pozo
159	771580.4885	9839598.1595	3522.3780	Vía	218	771410.6584	9839446.4031	3530.3910	Vía
160	771574.2151	9839595.3545	3522.3370	Vía	219	771408.2053	9839449.7807	3530.2170	Vía
161	771579.8697	9839593.3678	3522.5030	Pozo	220	771400.0518	9839447.8868	3528.7920	Vía
162	771594.6479	9839594.5830	3522.6770	Vía	221	771401.9066	9839443.0498	3529.1850	Vía
163	771593.8129	9839600.7610	3522.5920	Vía	222	771400.1638	9839440.5884	3528.9690	Vía
164	771616.1426	9839606.8649	3522.9080	Vía	223	771398.2209	9839447.6238	3528.6950	Vía
165	771616.1308	9839601.7688	3522.9340	Vía	224	771468.1689	9839464.4534	3533.1530	Vía
166	771628.1643	9839610.4865	3523.1240	Vía	225	771461.7990	9839461.2386	3533.0960	Vía
167	771638.8913	9839614.3611	3523.8140	Vía	226	771467.7493	9839446.5850	3534.0460	Vía
168	771641.6561	9839618.0742	3523.9090	Vía	227	771473.7660	9839446.8205	3534.1770	Vía
169	771641.3840	9839622.5354	3523.8440	Vía	228	771484.4667	9839423.0331	3534.6690	Vía

Punto	Este	Norte	Elevación	Descripción	Punto	Este	Norte	Elevación	Descripción
229	771479.0257	9839418.8535	3534.4850	Vía	288	771447.7629	9839299.3806	3528.7040	Vía
230	771490.0549	9839409.4218	3534.7000	Vía	289	771443.8959	9839308.3609	3528.0880	Vía
231	771492.0361	9839407.7402	3534.9050	Vía	290	771441.9446	9839312.7791	3527.9120	Vía
232	771493.3053	9839407.8205	3535.0610	Vía	291	771435.2140	9839329.0014	3527.3430	Vía
233	771484.2330	9839404.9848	3533.9510	Vía	292	771440.0087	9839330.9520	3527.1920	Vía
234	771493.5742	9839402.9612	3534.9970	ES10	293	771432.3098	9839353.1899	3526.7690	Vía
235	771399.1636	9839441.7945	3528.9790	ES11	294	771427.0597	9839351.9659	3526.7290	Vía
236	771421.4405	9839452.6397	3531.6750	ES12	295	771424.5824	9839372.6794	3526.8270	Pozo
237	771493.9106	9839408.0093	3535.1170	Vía	296	771418.6258	9839375.1718	3526.5430	Vía
238	771494.9135	9839404.3854	3535.1270	Vía	297	771416.9984	9839372.2164	3526.3540	Vía
239	771510.1117	9839409.6910	3536.8270	Vía	298	771418.5738	9839367.0793	3526.2000	Vía
240	771509.6867	9839413.1843	3536.9050	Vía	299	771396.9526	9839357.2673	3524.7020	Vía
241	771526.7304	9839418.7485	3538.4080	Vía	300	771395.1647	9839362.1533	3524.7310	Vía
242	771527.7979	9839415.3053	3538.3950	Vía	301	771374.4493	9839353.5009	3524.1490	Vía
243	771542.0201	9839419.9897	3539.5330	Vía	302	771376.3521	9839348.6574	3524.1360	Vía
244	771539.9815	9839422.9421	3539.5010	Vía	303	771361.3200	9839348.9067	3523.7920	Vía
245	771541.0865	9839424.8869	3539.5980	Vía	304	771363.2347	9839342.8727	3523.9540	Vía
246	771540.6682	9839428.1565	3540.0810	Vía	305	771360.5566	9839344.3036	3524.0980	Pozo
247	771537.8302	9839436.4998	3540.8440	Vía	306	771354.7770	9839339.8574	3523.6940	Vía
248	771540.1540	9839441.0065	3541.1110	Vía	307	771352.4111	9839345.2846	3523.6840	Vía
249	771545.6705	9839428.0412	3540.1270	Vía	308	771330.0020	9839336.4183	3523.0860	Vía
250	771548.3941	9839427.2790	3540.1100	Vía	309	771330.8227	9839330.5477	3523.0720	Vía
251	771560.5215	9839430.3601	3540.9590	Vía	310	771302.1509	9839318.5153	3522.5280	Vía
252	771560.9677	9839426.5441	3540.9970	Vía	311	771299.9256	9839325.3902	3522.5660	Vía
253	771550.7500	9839423.2358	3540.2520	Vía	312	771281.7068	9839320.0455	3521.9980	Vía
254	771515.6058	9839336.5782	3529.8880	Pozo	313	771282.7335	9839313.3853	3522.2430	Vía
255	771514.6792	9839339.8817	3529.9300	Vía	314	771272.0455	9839313.2489	3521.7400	Vía
256	771521.6341	9839340.3535	3530.0380	Vía	315	771271.7316	9839318.4110	3521.6200	Vía
257	771522.8699	9839337.5529	3530.1040	Vía	316	771256.6468	9839320.0303	3521.1850	Vía
258	771510.5905	9839333.8190	3529.5960	Vía	317	771255.5951	9839314.3681	3521.0930	Vía
259	771509.2364	9839337.2683	3529.6270	Vía	318	771242.9898	9839316.8921	3520.6750	Vía
260	771503.7982	9839356.5392	3529.5290	Vía	319	771244.2751	9839322.1183	3520.7340	Vía
261	771508.3994	9839358.6748	3529.8150	Vía	320	771228.5009	9839324.8337	3519.8260	Vía
262	771501.8455	9839373.7166	3529.9520	Vía	321	771226.5858	9839320.5534	3519.7870	Vía
263	771498.6016	9839372.5101	3529.9960	Vía	322	771226.1804	9839322.1091	3519.8200	Pozo
264	771492.0543	9839390.8213	3532.5850	Pozo	323	771229.0101	9839327.0730	3520.3490	Cementerio
265	771488.7729	9839393.8052	3533.0310	Vía	324	771273.7073	9839311.1871	3522.0440	Pozo
266	771492.5652	9839395.9459	3533.5500	Vía	325	771215.8487	9839323.1142	3518.6820	Vía
267	771490.4766	9839401.8300	3534.5770	Vía	326	771226.3170	9839321.7555	3519.8250	ES13
268	771489.9533	9839403.7788	3534.7590	Pozo	328	771358.1754	9839355.5223	3523.6170	Vía
269	771483.0335	9839404.1183	3533.7180	Vía	329	771351.6691	9839354.8718	3523.5510	Vía
270	771485.6585	9839399.5073	3533.7750	Vía	330	771346.8920	9839381.3373	3523.2990	Vía
271	771469.9331	9839392.0741	3530.8550	Vía	331	771342.1963	9839380.1763	3523.2770	Vía
272	771467.4996	9839395.7610	3530.8290	Vía	332	771338.4538	9839401.2630	3523.2250	Vía
273	771450.7826	9839386.8914	3528.3980	Vía	333	771333.0712	9839399.3129	3523.1550	Vía
274	771452.5022	9839383.1451	3528.3680	Vía	334	771415.6264	9839382.8562	3526.6190	Vía
275	771437.2404	9839375.9427	3527.1760	Vía	335	771420.3897	9839386.0534	3526.6970	Vía
276	771435.6798	9839379.4799	3527.1860	Vía	336	771413.5000	9839401.5708	3527.2090	Vía
277	771427.3606	9839376.4253	3526.8210	Vía	337	771407.9611	9839400.6677	3527.2480	Vía
278	771428.8619	9839371.8424	3526.8240	Vía	338	771400.7258	9839417.2324	3527.9310	Vía
279	771500.5658	9839333.0727	3529.2830	Vía	339	771406.1785	9839420.6663	3528.0940	Vía
280	771501.3449	9839330.3130	3529.2030	Vía	340	771401.1071	9839437.2879	3528.8360	Vía
281	771479.3153	9839325.3048	3528.6320	Vía	341	771394.1906	9839435.1262	3528.5430	Vía
282	771479.7850	9839322.6441	3528.5930	Vía	342	771393.1663	9839438.6398	3528.5940	Vía
283	771461.4420	9839318.5404	3528.3000	Vía	343	771391.2999	9839446.6938	3528.1660	Vía
284	771461.6457	9839315.4543	3528.1860	Vía	344	771397.9396	9839448.4983	3528.5750	Vía
285	771448.1129	9839310.5457	3528.0930	Vía	345	771394.9660	9839443.4564	3528.7040	Pozo
286	771447.0512	9839313.6080	3527.9290	Vía	346	771399.4097	9839433.3187	3528.7310	Pozo
287	771452.0577	9839300.7177	3528.7150	Vía	347	771381.2256	9839443.5822	3528.0060	Vía

Punto	Este	Norte	Elevación	Descripción	Punto	Este	Norte	Elevación	Descripción
348	771383.8731	9839436.6172	3528.1110	Vía	409	771293.1045	9839483.6882	3514.5740	VíaCOREG
349	771366.9119	9839439.1329	3527.3820	Vía	410	771291.0720	9839487.7205	3514.4770	VíaCOREG
350	771368.2991	9839431.4182	3527.3350	Vía	411	771278.3644	9839482.7361	3513.2820	VíaCOREG
351	771361.7132	9839428.6344	3526.6980	Vía	412	771279.7994	9839479.2750	3513.3330	VíaCOREG
352	771360.8564	9839432.5801	3526.9740	Pozo	413	771273.0088	9839477.1994	3512.7840	VíaCOREG
353	771360.9707	9839437.2863	3526.7900	Vía	414	771312.7205	9839494.3798	3516.6620	Vía
354	771341.2292	9839429.9013	3524.4870	Vía	415	771314.8655	9839496.0351	3516.6570	Vía
355	771342.3537	9839422.6645	3524.3850	Vía	416	771339.1160	9839504.1851	3516.8130	Vía
356	771328.2350	9839427.1346	3522.3590	Vía	417	771364.3191	9839512.7150	3517.4700	Vía
357	771331.1725	9839419.2448	3522.5970	Vía	418	771369.2947	9839514.1288	3517.8950	Vía
358	771328.7374	9839421.7698	3522.8320	Pozo	419	771348.6712	9839544.3613	3515.8730	Parque
359	771324.5985	9839417.2898	3522.5500	Vía	420	771333.4920	9839591.8573	3515.9770	Parque
360	771321.2660	9839425.0867	3522.0390	Vía	421	771334.8473	9839607.3535	3516.3230	Pozo
361	771389.1883	9839456.5213	3526.9890	Vía	422	771325.0963	9839657.1984	3515.2820	Vía
362	771395.6801	9839458.1426	3527.2110	Vía	423	771319.2550	9839657.9526	3515.2560	Vía
363	771390.5148	9839475.7579	3525.0450	Vía	424	771317.1977	9839665.7348	3514.7920	Vía
364	771384.9205	9839474.2978	3524.8910	Vía	425	771323.1753	9839667.2312	3514.5900	Vía
365	771379.9032	9839491.9745	3522.0600	Vía	426	771322.8111	9839671.8449	3514.3450	Vía
366	771385.3286	9839494.5043	3521.9640	Vía	427	771329.3735	9839681.1702	3514.0220	Vía
367	771380.7286	9839511.4451	3519.0700	Vía	428	771326.1000	9839682.1790	3513.8040	Vía
368	771374.3697	9839509.1618	3518.9090	Vía	429	771323.4741	9839684.3256	3513.4670	Vía
369	771379.0237	9839517.2840	3518.4210	Vía	430	771328.5467	9839698.1094	3511.4290	Vía
370	771372.3204	9839513.6441	3518.3060	Vía	431	771323.8522	9839699.7410	3511.4430	Vía
371	771370.7798	9839514.2310	3518.0680	Vía	432	771320.1276	9839689.7270	3513.0120	Vía
372	771371.7832	9839517.8643	3518.0820	Pozo	433	771315.9831	9839682.1871	3513.9880	Vía
373	771366.7951	9839524.8305	3517.4050	ES15	434	771308.3283	9839674.3693	3514.4730	Vía
374	771408.1323	9839525.7480	3520.4860	Vía	435	771314.5066	9839669.7775	3514.5490	Vía
375	771405.5107	9839529.8420	3520.3110	Vía	436	771311.3767	9839670.1968	3514.4140	Vía
376	771386.5226	9839524.8744	3518.7580	Vía	437	771298.9146	9839661.0420	3514.6850	Vía
377	771386.6316	9839519.4732	3518.8230	Vía	438	771295.4539	9839664.7501	3514.7950	Vía
378	771369.3664	9839524.0184	3517.4730	Vía	439	771287.0308	9839655.8800	3515.0840	Vía
379	771365.4376	9839531.3920	3516.9470	Vía	440	771292.3397	9839654.8549	3514.8960	Vía
380	771360.7688	9839543.3198	3516.7110	Vía	441	771288.2449	9839648.8097	3515.0160	Vía
381	771354.2560	9839562.0990	3516.4740	Vía	442	771283.9343	9839651.1521	3515.1090	Vía
382	771346.3363	9839585.7852	3516.3130	Vía	443	771278.0964	9839638.7818	3515.0570	Vía
383	771342.8823	9839596.4793	3516.2740	Vía	444	771282.2023	9839636.2677	3515.0720	Vía
384	771337.1938	9839593.3956	3516.2040	Vía	445	771277.0733	9839623.4680	3514.6850	Vía
385	771331.3139	9839614.2845	3516.2830	Vía	446	771271.7862	9839623.0248	3514.7670	Vía
386	771336.5311	9839616.9433	3516.1990	Vía	447	771270.3126	9839618.9406	3514.6930	Vía
387	771332.0234	9839632.0496	3516.1400	Vía	448	771273.6371	9839614.9741	3514.4920	Vía
388	771326.7926	9839630.7885	3516.1920	Vía	449	771275.2562	9839611.2092	3514.3730	Vía
389	771320.5669	9839652.7438	3515.5400	Vía	450	771280.0526	9839600.2928	3514.4260	Vía
390	771246.6181	9839608.6543	3515.2020	ES16	451	771270.6847	9839595.4509	3514.1510	Vía
391	771327.3670	9839609.3023	3515.9360	Vía	452	771266.6791	9839596.3921	3513.8830	Vía
392	771285.4674	9839589.7922	3514.8060	Vía	453	771264.9733	9839593.8977	3513.7280	Vía
393	771291.6331	9839577.6640	3515.0850	Parque	454	771260.5320	9839595.7338	3513.8410	Vía
394	771277.0618	9839586.0390	3514.5980	Vía	455	771265.7454	9839607.9513	3514.3540	Vía
395	771294.8523	9839526.3180	3515.6660	Vía	456	771256.9147	9839585.0879	3513.3870	Vía
396	771306.8262	9839530.1948	3515.8820	Parque	457	771261.3289	9839583.2507	3513.1690	Vía
397	771303.7836	9839495.2834	3516.4190	Vía	458	771255.8549	9839565.9737	3512.2450	Vía
398	771306.7248	9839489.6338	3516.4330	Vía	459	771251.3750	9839567.5345	3512.6000	Vía
399	771312.1945	9839491.2758	3516.6850	Vía	460	771250.5904	9839566.0929	3512.5390	Pozo
400	771307.3040	9839487.2797	3516.4740	Vía	461	771243.2930	9839544.0902	3511.1610	Vía
401	771298.4609	9839485.7963	3515.2200	Vía	462	771247.6504	9839541.9173	3510.8900	Vía
402	771296.8618	9839490.1807	3515.3380	Vía	463	771238.1676	9839517.8600	3509.5870	Vía
408	771312.9037	9839494.4754	3516.6820	Vía	464	771233.6913	9839519.8250	3509.7950	Vía

Punto	Este	Norte	Elevación	Descripción	Punto	Este	Norte	Elevación	Descripción
465	771231.9371	9839503.1381	3509.2420	Vía	520	771148.3177	9839335.8800	3510.3920	Vía
466	771228.4653	9839496.6665	3509.1450	Vía	521	771151.4938	9839333.5806	3510.6960	Vía
467	771222.5460	9839496.8942	3509.1120	Vía	522	771158.2711	9839339.2192	3514.8360	Cementerio
468	771217.6512	9839490.0800	3508.9420	Vía	523	771171.7136	9839390.0131	3514.7450	Cementerio
469	771221.4078	9839487.2527	3509.0000	Vía	524	771133.9895	9839330.3720	3509.4850	Vía
470	771214.6871	9839477.4067	3508.9650	Vía	525	771131.0310	9839323.9890	3509.6030	Vía
471	771262.0974	9839474.8849	3511.9360	Pozo	526	771127.1176	9839325.2822	3508.6440	Vía
472	771262.5324	9839473.9698	3511.9740	Vía	527	771124.8609	9839328.4489	3508.4240	Vía
473	771261.4446	9839477.8667	3511.8860	Vía	528	771105.8564	9839324.0502	3506.9520	Vía
474	771266.2249	9839479.3243	3512.3010	Vía	529	771106.0706	9839320.6564	3506.8570	Vía
475	771252.0728	9839475.0356	3511.0230	Vía	530	771089.4974	9839317.0210	3506.2330	Vía
476	771252.3687	9839470.7080	3511.0160	Vía	531	771088.0826	9839320.1250	3506.2280	Vía
477	771238.5107	9839466.4533	3510.1280	Vía	532	771071.3347	9839315.9198	3505.9470	Vía
478	771237.2171	9839470.6334	3510.1280	Vía	533	771072.5602	9839312.5905	3505.7160	Vía
479	771217.9723	9839465.0472	3509.5090	Vía	534	771070.1736	9839320.5732	3506.2360	PTAR
480	771202.6008	9839461.7098	3508.9690	Vía	535	771062.5121	9839341.3297	3506.5830	PTAR
481	771198.6549	9839464.7991	3508.9210	Vía	536	771080.8475	9839346.6838	3507.2240	PTAR
482	771203.2133	9839455.3762	3509.0200	Vía	537	771088.4989	9839326.0410	3506.9640	PTAR
483	771196.2881	9839451.4610	3509.0520	Vía	538	771081.7456	9839340.7960	3505.6590	Afluyente
484	771191.3791	9839447.0158	3509.0970	Vía	539	771078.4266	9839339.4822	3505.4040	Fosa
485	771180.2738	9839439.1343	3509.3430	Vía	540	771080.8185	9839340.1956	3505.4080	Fosa
486	771183.7758	9839435.4612	3509.3560	Vía	541	771082.5686	9839334.4526	3505.4170	Fosa
487	771174.0378	9839427.1508	3509.8820	Vía	542	771080.1475	9839333.7136	3505.4160	Fosa
488	771178.1181	9839424.6056	3509.7220	Vía	543	771079.1341	9839332.1257	3504.0060	Filtro
489	771170.9514	9839420.0715	3510.1040	Vía	544	771076.0076	9839331.1059	3503.4180	Filtro
490	771175.2003	9839417.8790	3510.0740	Vía	545	771077.2723	9839333.3319	3503.6140	Filtro
491	771172.1907	9839420.0014	3510.0160	Pozo	546	771077.9033	9839330.0768	3504.1760	Filtro
492	771162.8364	9839397.7750	3510.2200	Vía	547	771074.4658	9839338.1545	3503.7290	Lecho
493	771166.6933	9839395.0026	3510.0630	Vía	548	771075.3258	9839334.9480	3503.6930	Lecho
494	771154.7406	9839374.8505	3510.2670	Vía	549	771077.7253	9839335.7086	3503.7290	Lecho
495	771159.0547	9839372.1028	3510.1560	Vía	550	771076.7956	9839338.9352	3503.7430	Lecho
496	771147.4676	9839350.7216	3510.0940	Vía	551	771058.9605	9839312.9188	3505.5070	Vía
497	771143.8038	9839337.9705	3510.2040	Vía	552	771059.2685	9839309.3747	3505.3730	Vía
498	771058.6399	9839343.6070	3506.6830	ES17	553	771037.6580	9839305.0955	3504.6150	Vía
499	771143.7004	9839334.5892	3510.2370	ES18	554	771036.2151	9839307.9809	3504.6330	Vía
500	771141.5126	9839329.0805	3510.2430	Pozo	555	771009.2560	9839302.8931	3503.5000	Vía
501	771142.4079	9839335.0156	3510.1500	Vía	556	771008.7067	9839299.6596	3503.4250	Vía
502	771138.6713	9839328.1621	3510.1370	Vía	557	770975.9170	9839293.5273	3502.0990	Vía
503	771133.3986	9839319.8012	3510.2940	Vía	558	770974.1864	9839296.5676	3502.1080	Vía
504	771128.0263	9839311.6574	3510.7990	Vía	559	770934.3987	9839289.3182	3500.6960	Vía
505	771131.8066	9839308.6949	3510.7530	Vía	560	770933.8536	9839285.9443	3500.5660	Vía
506	771139.6116	9839320.3162	3510.3120	Vía	561	770920.0384	9839284.5233	3500.3650	Vía
507	771145.0796	9839325.1149	3510.3660	Vía	562	770919.7166	9839288.1251	3500.4070	Vía
508	771152.7338	9839333.2951	3510.7690	Vía	563	770899.8119	9839287.0188	3499.8470	Vía
509	771166.7907	9839334.0887	3512.5990	Vía	564	770899.0308	9839282.9875	3499.7340	Vía
510	771167.2316	9839330.8238	3512.5830	Vía	565	770899.6744	9839288.2955	3500.0880	LagoPTAR
511	771183.5894	9839329.0335	3514.6970	Vía	566	770896.2739	9839308.1574	3499.6250	LagoPTAR
512	771184.6006	9839332.0245	3514.7740	Vía	567	770916.1857	9839310.6819	3499.6860	LagoPTAR
513	771201.4188	9839328.9255	3517.0170	Vía	568	770919.5135	9839290.9706	3500.0170	LagoPTAR
514	771201.4052	9839326.2482	3517.0280	Vía	569	771235.4843	9839383.2785	3520.3490	Cementerio
515	771218.2013	9839326.2220	3518.7800	Vía	570	771372.2400	9839686.7262	3513.0920	Estadio
516	771218.2005	9839322.0755	3518.8890	Vía	571	771443.5662	9839711.6542	3513.1020	Estadio
517	771226.3951	9839321.7323	3519.7910	ES19	572	771476.5376	9839628.9456	3513.1280	Estadio
518	771143.7194	9839334.5904	3510.2250	ES20	573	771408.0449	9839604.0535	3513.1480	Estadio
519	771153.6273	9839353.8396	3510.1190	Vía					

## 5.6 Anexo N° 6 Ficha de medición de caudales



### FICHA DE MEDICIÓN DE CAUDALES- MÉTODO VOLUMÉTRICO Caudales de entrada y salida de la PTAR

**PROYECTO:** DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE VIDA DE LA COMUNIDAD “EL SANTUARIO”, PARROQUIA LA MATRIZ, CANTÓN QUERO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”

FECHA	DIA	MES	AÑO

REALIZADO POR	APELLIDOS	NOMBRES
	Moreta Telenchana	Luis Ricardo

Hora	ENTRADA				SALIDA			
	Volumen [L]	Tiempo (i) [seg]	Tiempo promedio [seg]	Caudal [l/seg]	Volumen [L]	Tiempo (i) [seg]	Tiempo promedio [seg]	Caudal [l/seg]
	V	Ti	$T = \sum Ti/n$	$Q = VT$	V	Ti	$T = \sum Ti/n$	$Q = VT$
6:00								
7:00								
8:00								
9:00								
10:00								
11:00								
12:00								
13:00								
14:00								
15:00								
16:00								
17:00								
18:00								



## 5.7 Anexo N° 7 Informe de análisis de agua residual



### LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación No. SAE LEN 17-012

N° SE: 025-22

#### INFORME DE ANALISIS

**NOMBRE:** Luis Ricardo Moreta Telenchana<sup>1</sup>

**INFORME N°** 025 - 22

**EMPRESA:** Proyecto de Tesis UTA<sup>1</sup>

**N° SE:** 025 - 22

**DIRECCIÓN:** Izamba El Pisque<sup>1</sup>

**TELÉFONO:** 0939539794<sup>1</sup>

**FECHA DE RECEPCIÓN:** 19/04/2022

**FECHA DE INFORME:** 27/04/2022

**NÚMERO DE MUESTRAS:** 2, Agua residual, Comunidad El Santuario - Quero – Tungurahua<sup>1</sup>

**TIPO DE MUESTRA:**

**IDENTIFICACIÓN:** MA - 035-22 PTAR Entrada<sup>1</sup>  
MA - 036-22 PTAR Salida<sup>1</sup>

Agua residual  
Agua residual

<b>Condiciones Ambientales</b>	<b>T máx:</b>	25 °C
	<b>T mín:</b>	10°C

El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de las muestras.

#### RESULTADO DE ANÁLISIS

MA – 035-22

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Aceites y grasas	mg/L	EPA 418.1	197,43	N/A	19/04/2022
* Fósforo Total	mg/L	STANDARD METHODS 4500 P - E	9,50	N/A	19/04/2022
* DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /L	STANDARD METHODS 5210 - B	267	N/A	19/04/2022
* DQO	mg/L	STANDARD METHODS 5220 - D	564	N/A	19/04/2022
* Nitrógeno Total	mg/L	STANDARD METHODS 4500 N - B	99,5	N/A	19/04/2022
* Nitrógeno Amoniacal	mg/L	STANDARD METHODS 4500 - NH3 B&C	74,38	N/A	19/04/2022
pH	-	PE-LSA-01	7,47	+/- 0,08	19/04/2022
* Sólidos Suspendidos	mg/L	STANDARD METHODS 2540 - D	447	N/A	19/04/2022
* Detergentes	mg/L	STANDARD METHODS 5540 - C	22,2	N/A	19/04/2022
* Color Aparente	UPT-Co	STANDARD METHODS 2120 - C	2570	N/A	19/04/2022
* Coliformes fecales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - B	45000	N/A	19/04/2022
* Sólidos Totales	mg/L	STANDARD METHODS 2540 - B	828	N/A	19/04/2022

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).

- Los ensayos marcados con (\*) no se encuentran dentro del alcance de acreditación del SAE.

1. Información proporcionada por el cliente. LSA no se responsabiliza de dicha información

-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

-LSA libera su responsabilidad por la información proporcionada por el cliente y el uso que se le dará a los resultados

Página 1 de 2

FMC2101-01

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.





# LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación No. SAE LEN 17-012

Nº SE: 025-22

MA – 036-22

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* Aceites y grasas	mg/L	EPA 418.1	156,57	N/A	19/04/2022
* Fósforo Total	mg/L	STANDARD METHODS 4500 P - E	8,50	N/A	19/04/2022
* DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /L	STANDARD METHODS 5210 - B	176	N/A	19/04/2022
* DQO	mg/L	STANDARD METHODS 5220 - D	393	N/A	19/04/2022
* Nitrógeno Total	mg/L	STANDARD METHODS 4500 N - B	92,3	N/A	19/04/2022
* Nitrógeno Amoniacal	mg/L	STANDARD METHODS 4500 - NH3 B&C	68,5	N/A	19/04/2022
pH	-	PE-LSA-01	7,97	+/- 0.08	19/04/2022
* Sólidos Suspendedos	mg/L	STANDARD METHODS 2540 - D	295	N/A	19/04/2022
* Detergentes	mg/L	STANDARD METHODS 5540 - C	7,45	N/A	19/04/2022
* Color Aparente	UPT-Co	STANDARD METHODS 2120 - C	1930	N/A	19/04/2022
* Coliformes fecales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221- B	10750	N/A	19/04/2022
* Sólidos Totales	mg/L	STANDARD METHODS 2540 - B	704	N/A	19/04/2022

**MÉTODOS UTILIZADOS:** Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 23ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 23ª EDICIÓN.

**REGLA DE DECISIÓN ACORDADA:** No aplica

### RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

Dr. Juan Carlos Lara  
Benito Mendoza T., Ph.D.



Dr. Juan Carlos Lara R.  
TECNICO L.S.A.

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).  
 - Los ensayos marcados con (\*) no se encuentran dentro del alcance de acreditación del SAE.  
 1. Información proporcionada por el cliente. I.S.A no se responsabiliza de dicha información  
 -Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.  
 -LSA libera su responsabilidad por la información proporcionada por el cliente y el uso que se le dará a los resultados

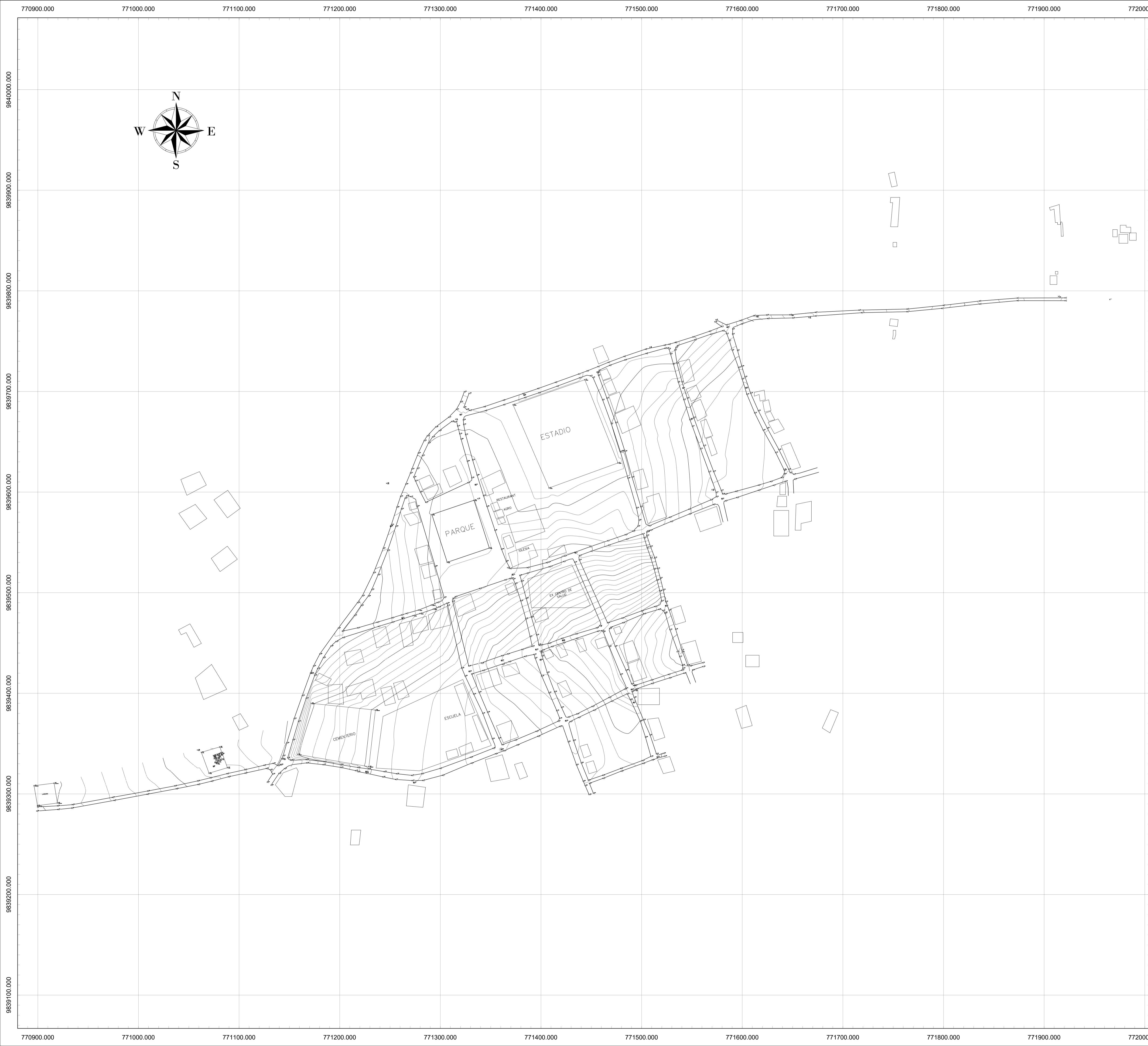
Página 2 de 2

FMC2101-01

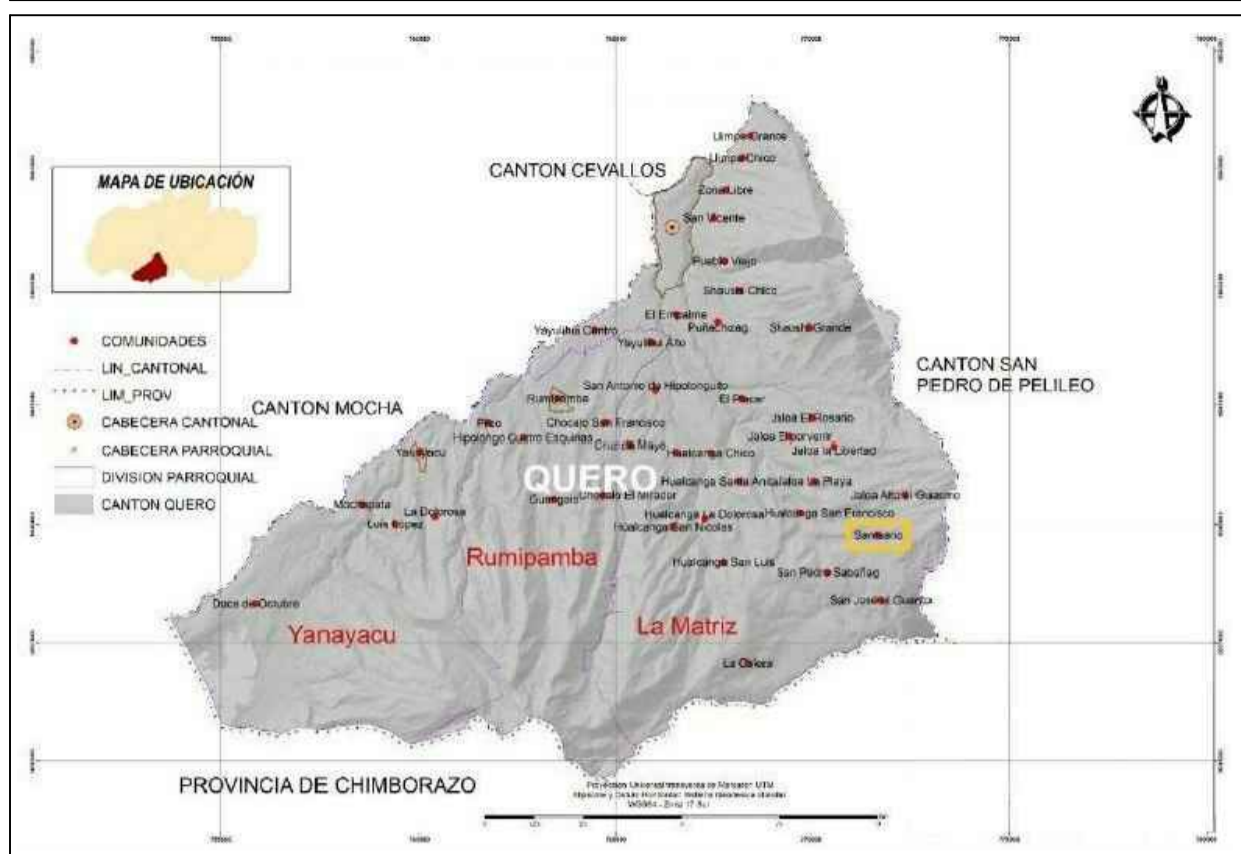
L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.

## 5.8 Anexo N° 8 Planos

- **Lámina 1:** Levantamiento Topográfico.
- **Lámina 2:** Trazado de la Red de Alcantarillado.
- **Lámina 3:** Áreas de Aportación.
- **Lámina 4:** Planta, Datos de Diseño Hidráulico.
- **Lámina 5:** Perfil Hidráulico: Ramal A.
- **Lámina 6:** Perfil Hidráulico: Red Aportante 1-2-3-4-5.
- **Lámina 7:** Perfil Hidráulico: Ramal B, Red Aportante 3.1-5.1-6.
- **Lámina 8:** Perfil Hidráulico: Ramal C, Red Aportante 7-8.
- **Lámina 9:** Perfil Hidráulico: Ramal D, Red Aportante 9-10.
- **Lámina 10:** Detalles de Elementos del Sistema de Alcantarillado Sanitario.
- **Lámina 11:** Implantación y Elevaciones PTAR.
- **Lámina 12:** Tratamiento Preliminar, Trampa de Grasas y Tanque Séptico.
- **Lámina 13:** Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente y Filtro Percolador.
- **Lámina 14:** Sedimentador Secundario y Lecho de Secado de Lodos.
- **Lámina 15:** Humedal Artificial Subsuperficial de Flujo Horizontal.
- **Lámina 16:** Cerramiento, Esquemas y Detalles de Unidades de Tratamiento.



**UBICACIÓN DEL PROYECTO**



**SIMBOLOGÍA**

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	Edificaciones
	Curvas de nivel
	Pozo de revisión existente
	Trazado vial


**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

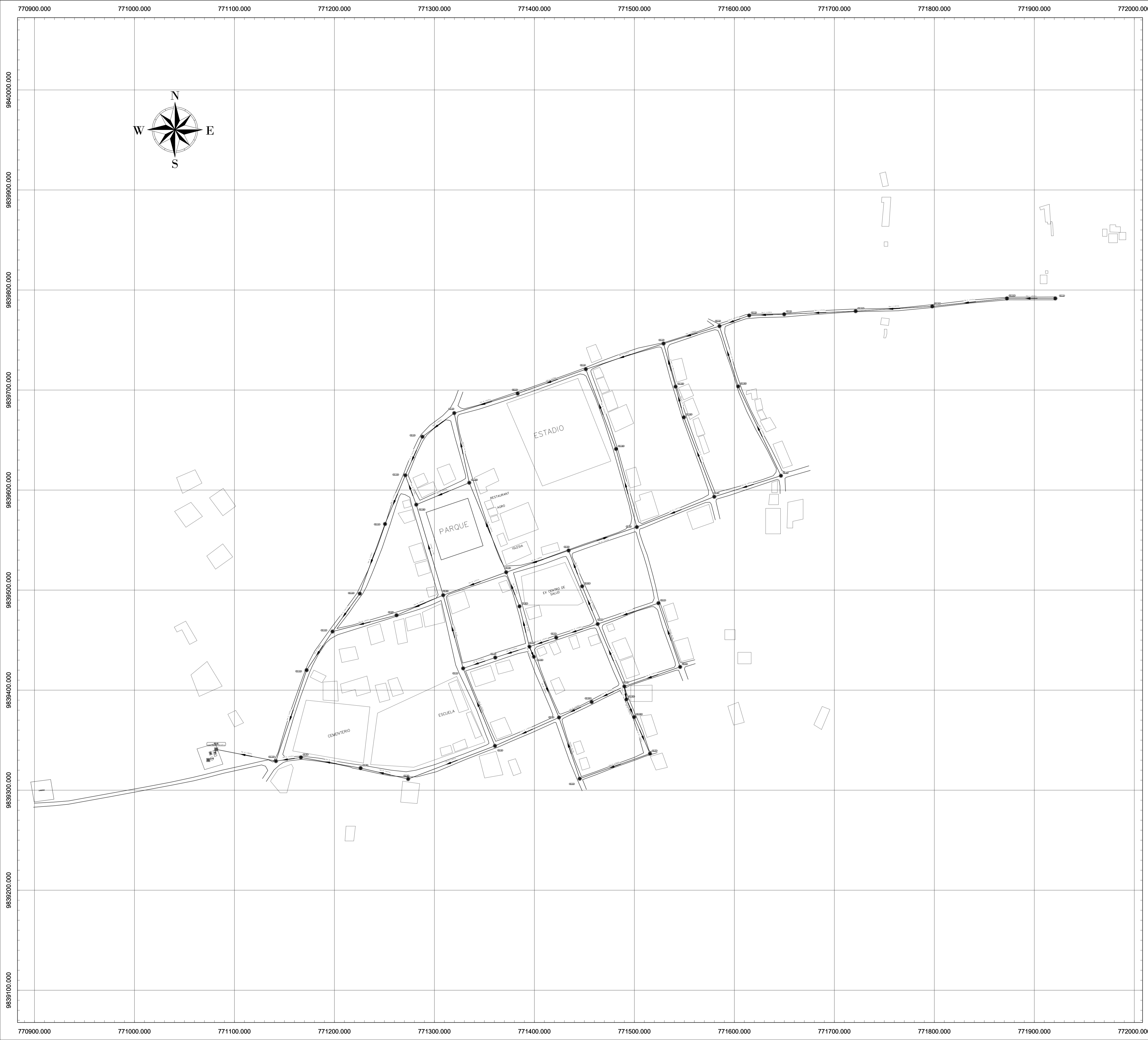

**PROYECTO:**  
 "DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE VIDA DE LA COMUNIDAD EL SANTUARIO, PARROQUIA LA MATRIZ, CANTÓN QUERO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"

<b>CONTIENE:</b> LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO	<b>LÁMINA:</b> <b>A1-01</b>
---	--------------------------------

<b>UBICACIÓN:</b> QUERO-TUNGURAHUA	<b>FECHA:</b> JULIO 2022	<b>ESCALA:</b> 1:1750
---------------------------------------	-----------------------------	--------------------------

<b>ELABORADO POR:</b> Ego. Luis Ricardo Moreta Telanchana	<b>REVISADO POR:</b> Ing. Lenin Gabriel Silva Tipantasiq	<b>APROBADO POR:</b> Ing. Gato Wilfrido Nívar Aldas
--	---	--





SIMBOLOGÍA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	Edificaciones
	Pozo de revisión
	Tubería de alcantarillado
	Sentido de flujo
	Trazado vial
	Afluente/Efluente

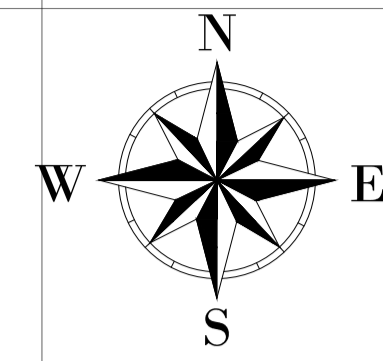
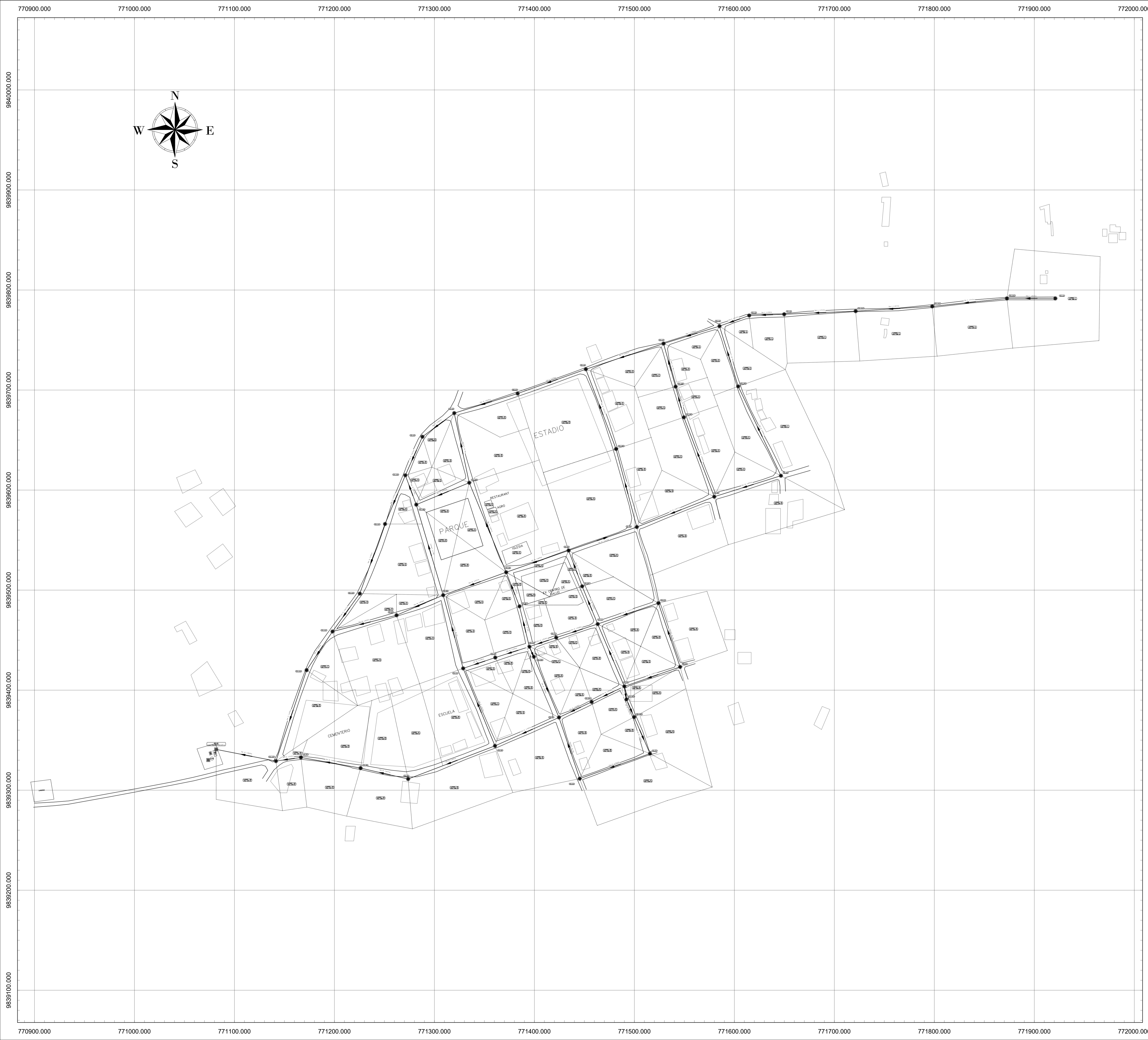
RED DE TUBERÍAS DE ALCANTARILLADO		
POZOS	TUBERÍA	LONGITUD [m]
AT-A10	Tab-1	48.41
A10-A10	Tab-2	75.12
A10-A11	Tab-3	75.12
A10-A12	Tab-4	71.55
A11-A11	Tab-5	15.60
A11-A11	Tab-6	31.83
BI-AB1	Tab-19	99.00
BI-AB1	Tab-20	61.96
AI-AS	Tab-7	58.60
BI-AB1	Tab-21	83.01
AB1-AB2	Tab-22	31.76
AB1-AS	Tab-23	44.47
AS-AS	Tab-8	81.85
BI-AB1	Tab-24	69.93
BI-AB1	Tab-25	83.17
BI-AB1	Tab-26	72.14
BI-AB4	Tab-27	80.78
AB1-AS	Tab-28	83.17
AI-AS	Tab-9	73.38
A1-AS	Tab-10	66.38
BI-AB1	Tab-29	96.41
AB1-AS	Tab-30	71.19
AI-AS	Tab-11	39.61
AI-AS	Tab-12	42.16
BI-AB1	Tab-31	94.42
ABC-AB6	Tab-32	37.34
ABC-AB6	Tab-33	31.28
AB1-AS	Tab-13	51.96
A11-A12	Tab-14	74.01
A11-A13	Tab-15	46.71
BI-AB1	Tab-34	69.79
BI-AB1	Tab-35	38.26
BI-AB1	Tab-36	60.01
BI-AB1	Tab-37	41.55
BI-AB1	Tab-38	36.56
BI-AB1	Tab-39	67.07
DI-C1	Tab-40	67.34
DI-C2	Tab-41	64.21
DI-C2	Tab-42	67.81
DI-C3	Tab-43	43.68
DI-C4	Tab-44	28.30
DI-C4	Tab-45	17.40
DI-C6	Tab-46	33.89
DI-C6	Tab-47	83.75
DI-C6	Tab-48	75.83
BI-AB1	Tab-49	50.78
BI-AB1	Tab-50	60.06
A11-A14	Tab-16	66.48
A11-A13	Tab-17	95.96
DI-D1	Tab-51	56.11
DI-D1	Tab-52	36.20
DI-D1	Tab-53	36.20
DI-D1	Tab-54	15.13
DI-D1	Tab-55	49.81
DI-E1	Tab-56	74.63
DI-E1	Tab-57	74.63
DI-E1	Tab-58	64.99
DI-E1	Tab-59	11.07
DI-E1	Tab-60	65.66
DI-D4	Tab-61	70.03
DI-D5	Tab-62	10.97
DI-D6	Tab-63	48.77
DI-D7	Tab-64	60.41
DI-A11	Tab-65	25.22
A11-PIAR	Tab-18	60.90
<b>TOTAL</b>		<b>1767.690</b>

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**PROYECTO:**  
 "DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE VIDA DE LA COMUNIDAD EL SANTUARIO, PARRQUIA LA MATRIZ, CANTÓN QUERO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"

<b>CONTIENE:</b> TRAZADO DE LA RED DE ALCANTARILLADO	<b>LÁMINA:</b> <b>A1-02</b>
<b>UBICACIÓN:</b> QUERO-TUNGURAHUA	<b>FECHA:</b> JULIO 2022
<b>ELABORADO POR:</b> Egdo. Luis Ricardo Moreira Telencana	<b>REVISADO POR:</b> Ing. Lenin Gabriel Silva Tipantasi
<b>APROBADO POR:</b> Ing. Gale Wálfrido Nívar Aldas	



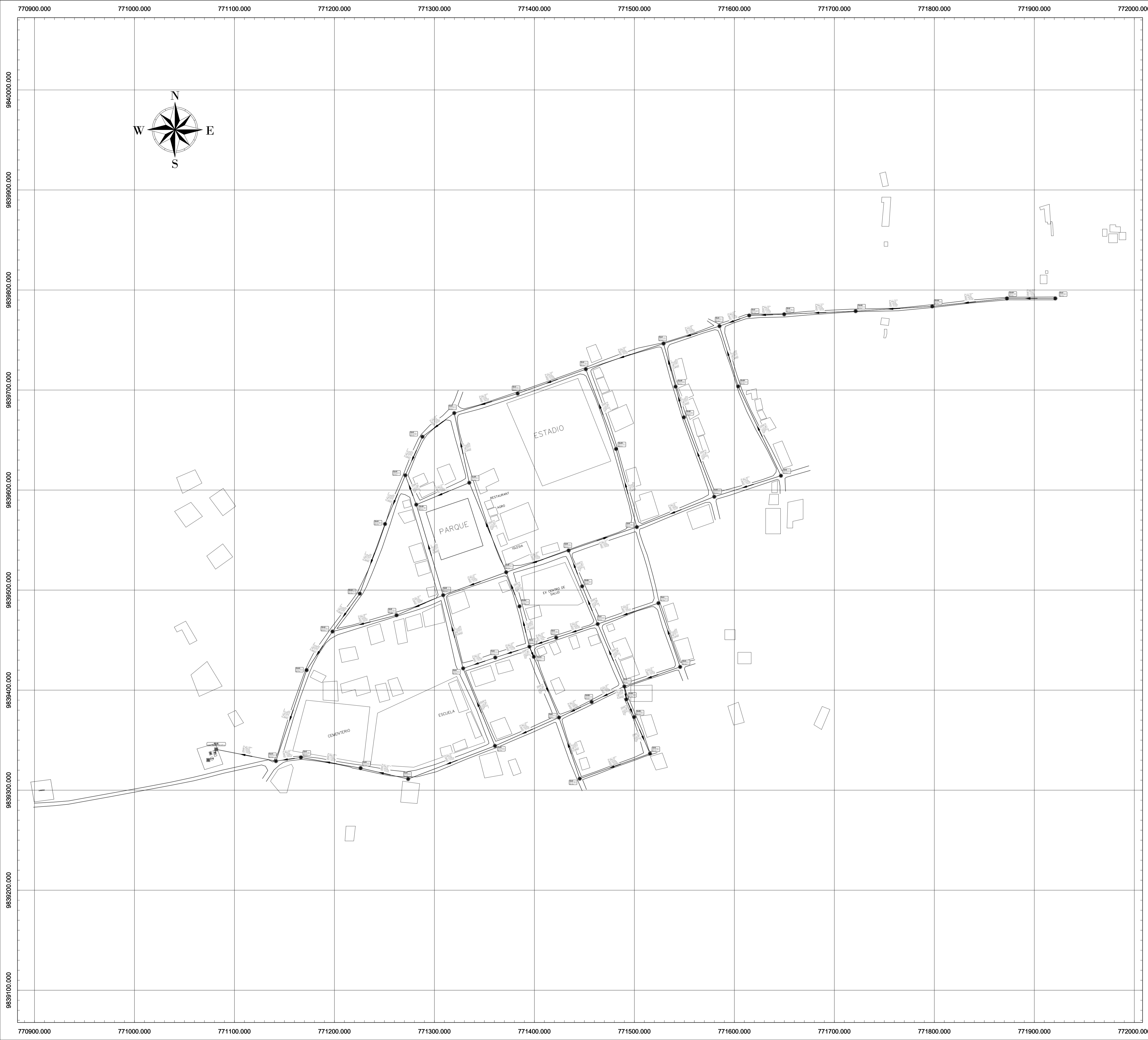


### SIMBOLOGÍA

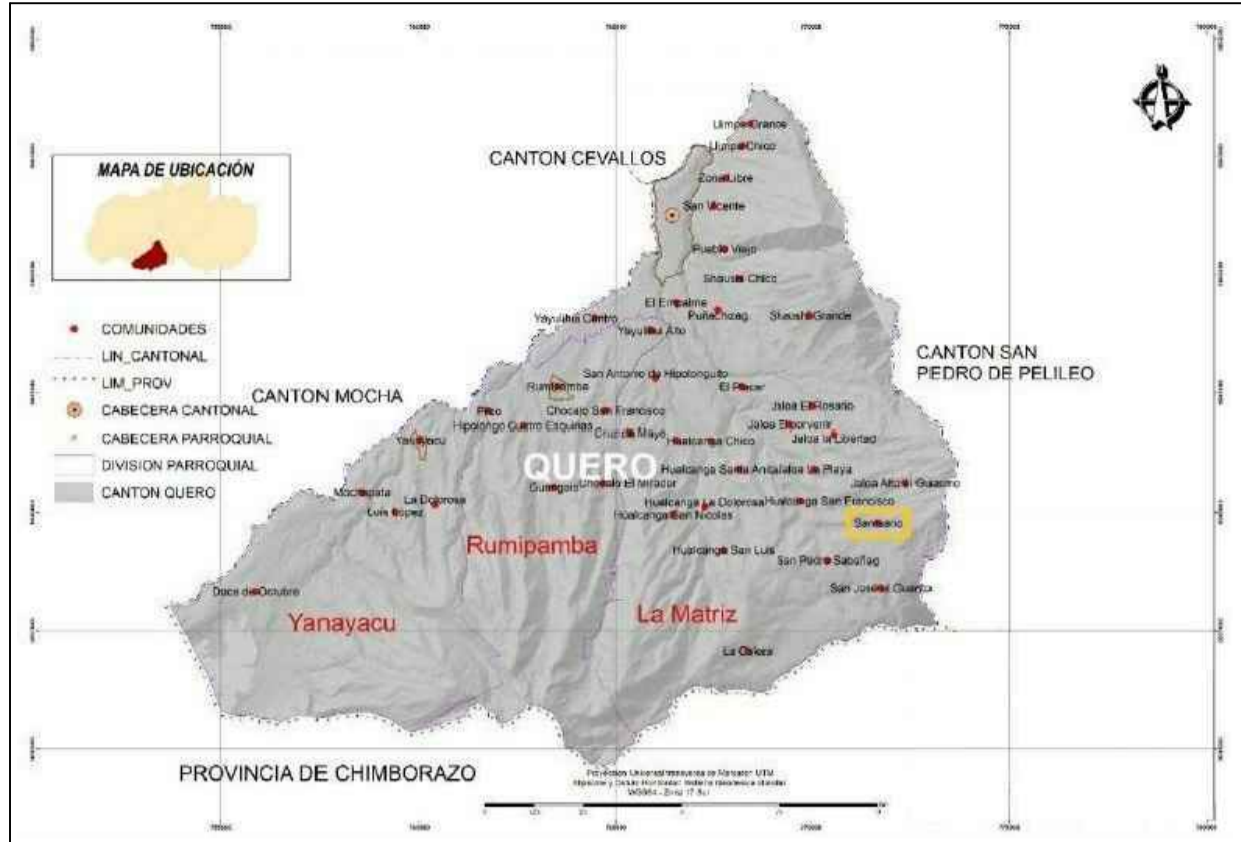
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	Edificaciones
	Área de aporte
	Pozo de revisión
	Tubería de alcantarillado
	Sentido de flujo
	Trazado vial
	Afluente/Efluente

ÁREA DE APORTACIÓN ENTRE POZOS					
POZO	TUBERÍA	Nº APORTE	ÁREA (m²)	TIPO DE USUARIO	OTRO
AB1-AB2	546-19	1	1.00	Residencial	
AB1-AB3	546-20	1	1.00	Residencial	
AB1-AB4	546-21	1	1.00	Residencial	
AB1-AB5	546-22	1	1.00	Residencial	
AB1-AB6	546-23	1	1.00	Residencial	
AB1-AB7	546-24	1	1.00	Residencial	
AB1-AB8	546-25	1	1.00	Residencial	
AB1-AB9	546-26	1	1.00	Residencial	
AB1-AB10	546-27	1	1.00	Residencial	
AB1-AB11	546-28	1	1.00	Residencial	
AB1-AB12	546-29	1	1.00	Residencial	
AB1-AB13	546-30	1	1.00	Residencial	
AB1-AB14	546-31	1	1.00	Residencial	
AB1-AB15	546-32	1	1.00	Residencial	
AB1-AB16	546-33	1	1.00	Residencial	
AB1-AB17	546-34	1	1.00	Residencial	
AB1-AB18	546-35	1	1.00	Residencial	
AB1-AB19	546-36	1	1.00	Residencial	
AB1-AB20	546-37	1	1.00	Residencial	
AB1-AB21	546-38	1	1.00	Residencial	
AB1-AB22	546-39	1	1.00	Residencial	
AB1-AB23	546-40	1	1.00	Residencial	
AB1-AB24	546-41	1	1.00	Residencial	
AB1-AB25	546-42	1	1.00	Residencial	
AB1-AB26	546-43	1	1.00	Residencial	
AB1-AB27	546-44	1	1.00	Residencial	
AB1-AB28	546-45	1	1.00	Residencial	
AB1-AB29	546-46	1	1.00	Residencial	
AB1-AB30	546-47	1	1.00	Residencial	
AB1-AB31	546-48	1	1.00	Residencial	
AB1-AB32	546-49	1	1.00	Residencial	
AB1-AB33	546-50	1	1.00	Residencial	
AB1-AB34	546-51	1	1.00	Residencial	
AB1-AB35	546-52	1	1.00	Residencial	
AB1-AB36	546-53	1	1.00	Residencial	
AB1-AB37	546-54	1	1.00	Residencial	
AB1-AB38	546-55	1	1.00	Residencial	
AB1-AB39	546-56	1	1.00	Residencial	
AB1-AB40	546-57	1	1.00	Residencial	
AB1-AB41	546-58	1	1.00	Residencial	
AB1-AB42	546-59	1	1.00	Residencial	
AB1-AB43	546-60	1	1.00	Residencial	
AB1-AB44	546-61	1	1.00	Residencial	
AB1-AB45	546-62	1	1.00	Residencial	
AB1-AB46	546-63	1	1.00	Residencial	
AB1-AB47	546-64	1	1.00	Residencial	
AB1-AB48	546-65	1	1.00	Residencial	
AB1-AB49	546-66	1	1.00	Residencial	
AB1-AB50	546-67	1	1.00	Residencial	
AB1-AB51	546-68	1	1.00	Residencial	
AB1-AB52	546-69	1	1.00	Residencial	
AB1-AB53	546-70	1	1.00	Residencial	
AB1-AB54	546-71	1	1.00	Residencial	
AB1-AB55	546-72	1	1.00	Residencial	
AB1-AB56	546-73	1	1.00	Residencial	
AB1-AB57	546-74	1	1.00	Residencial	
AB1-AB58	546-75	1	1.00	Residencial	
AB1-AB59	546-76	1	1.00	Residencial	
AB1-AB60	546-77	1	1.00	Residencial	
AB1-AB61	546-78	1	1.00	Residencial	
AB1-AB62	546-79	1	1.00	Residencial	
AB1-AB63	546-80	1	1.00	Residencial	
AB1-AB64	546-81	1	1.00	Residencial	
AB1-AB65	546-82	1	1.00	Residencial	
AB1-AB66	546-83	1	1.00	Residencial	
AB1-AB67	546-84	1	1.00	Residencial	
AB1-AB68	546-85	1	1.00	Residencial	
AB1-AB69	546-86	1	1.00	Residencial	
AB1-AB70	546-87	1	1.00	Residencial	
AB1-AB71	546-88	1	1.00	Residencial	
AB1-AB72	546-89	1	1.00	Residencial	
AB1-AB73	546-90	1	1.00	Residencial	
AB1-AB74	546-91	1	1.00	Residencial	
AB1-AB75	546-92	1	1.00	Residencial	
AB1-AB76	546-93	1	1.00	Residencial	
AB1-AB77	546-94	1	1.00	Residencial	
AB1-AB78	546-95	1	1.00	Residencial	
AB1-AB79	546-96	1	1.00	Residencial	
AB1-AB80	546-97	1	1.00	Residencial	
AB1-AB81	546-98	1	1.00	Residencial	
AB1-AB82	546-99	1	1.00	Residencial	
AB1-AB83	546-100	1	1.00	Residencial	
AB1-AB84	546-101	1	1.00	Residencial	
AB1-AB85	546-102	1	1.00	Residencial	
AB1-AB86	546-103	1	1.00	Residencial	
AB1-AB87	546-104	1	1.00	Residencial	
AB1-AB88	546-105	1	1.00	Residencial	
AB1-AB89	546-106	1	1.00	Residencial	
AB1-AB90	546-107	1	1.00	Residencial	
AB1-AB91	546-108	1	1.00	Residencial	
AB1-AB92	546-109	1	1.00	Residencial	
AB1-AB93	546-110	1	1.00	Residencial	
AB1-AB94	546-111	1	1.00	Residencial	
AB1-AB95	546-112	1	1.00	Residencial	
AB1-AB96	546-113	1	1.00	Residencial	
AB1-AB97	546-114	1	1.00	Residencial	
AB1-AB98	546-115	1	1.00	Residencial	
AB1-AB99	546-116	1	1.00	Residencial	
AB1-AB100	546-117	1	1.00	Residencial	
AB1-AB101	546-118	1	1.00	Residencial	
AB1-AB102	546-119	1	1.00	Residencial	
AB1-AB103	546-120	1	1.00	Residencial	
AB1-AB104	546-121	1	1.00	Residencial	
AB1-AB105	546-122	1	1.00	Residencial	
AB1-AB106	546-123	1	1.00	Residencial	
AB1-AB107	546-124	1	1.00	Residencial	
AB1-AB108	546-125	1	1.00	Residencial	
AB1-AB109	546-126	1	1.00	Residencial	
AB1-AB110	546-127	1	1.00	Residencial	
AB1-AB111	546-128	1	1.00	Residencial	
AB1-AB112	546-129	1	1.00	Residencial	
AB1-AB113	546-130	1	1.00	Residencial	
AB1-AB114	546-131	1	1.00	Residencial	
AB1-AB115	546-132	1	1.00	Residencial	
AB1-AB116	546-133	1	1.00	Residencial	
AB1-AB117	546-134	1	1.00	Residencial	
AB1-AB118	546-135	1	1.00	Residencial	
AB1-AB119	546-136	1	1.00	Residencial	
AB1-AB120	546-137	1	1.00	Residencial	
AB1-AB121	546-138	1	1.00	Residencial	
AB1-AB122	546-139	1	1.00	Residencial	
AB1-AB123	546-140	1	1.00	Residencial	
AB1-AB124	546-141	1	1.00	Residencial	
AB1-AB125	546-142	1	1.00	Residencial	
AB1-AB126	546-143	1	1.00	Residencial	
AB1-AB127	546-144	1	1.00	Residencial	
AB1-AB128	546-145	1	1.00	Residencial	
AB1-AB129	546-146	1	1.00	Residencial	
AB1-AB130	546-147	1	1.00	Residencial	
AB1-AB131	546-148	1	1.00	Residencial	
AB1-AB132	546-149	1	1.00	Residencial	
AB1-AB133	546-150	1	1.00	Residencial	
AB1-AB134	546-151	1	1.00	Residencial	
AB1-AB135	546-152	1	1.00	Residencial	
AB1-AB136	546-153	1	1.00	Residencial	
AB1-AB137	546-154	1	1.00	Residencial	
AB1-AB138	546-155	1	1.00	Residencial	
AB1-AB139	546-156	1	1.00	Residencial	
AB1-AB140	546-157	1	1.00	Residencial	
AB1-AB141	546-158	1	1.00	Residencial	
AB1-AB142	546-159	1	1.00	Residencial	
AB1-AB143	546-160	1	1.00	Residencial	
AB1-AB144	546-161	1	1.00	Residencial	
AB1-AB145	546-162	1	1.00	Residencial	
AB1-AB146	546-163	1	1.00	Residencial	
AB1-AB147	546-164	1	1.00	Residencial	
AB1-AB148	546-165	1	1.00	Residencial	
AB1-AB149	546-166	1	1.00	Residencial	
AB1-AB150	546-167	1	1.00	Residencial	
AB1-AB151	546-168	1	1.00	Residencial	
AB1-AB152	546-169	1	1.00	Residencial	
AB1-AB153	546-170	1	1.00	Residencial	
AB1-AB154	546-171	1	1.00	Residencial	
AB1-AB155	546-172	1	1.00	Residencial	
AB1-AB156	546-173	1	1.00	Residencial	
AB1-AB157	546-174	1	1.00	Residencial	
AB1-AB158	546-175	1	1.00	Residencial	
AB1-AB159	546-176	1	1.00	Residencial	
AB1-AB160	546-177	1	1.00	Residencial	
AB1-AB161	546-178	1	1.00	Residencial	
AB1-AB162	546-179	1	1.00	Residencial	
AB1-AB163	546-180	1	1.00	Residencial	
AB1-AB164	546-181	1	1.00	Residencial	
AB1-AB165	546-182	1	1.00	Residencial	
AB1-AB166	546-183	1	1.00	Residencial	
AB1-AB167	546-184	1	1.00	Residencial	
AB1-AB168	546-185	1	1.00	Residencial	
AB1-AB169	546-186	1	1.00	Residencial	
AB1-AB170	546-187	1	1.00	Residencial	
AB1-AB171	546-188	1	1.00	Residencial	
AB1-AB172	546-189	1	1.00	Residencial	
AB1-AB173	546-190	1	1.00	Residencial	
AB1-AB174	546-191	1	1.00	Residencial	
AB1-AB175	546-192	1	1.00	Residencial	
AB1-AB176	546-193	1	1.00	Residencial	
AB1-AB177	546-194	1	1.00	Residencial	
AB1-AB178	546-195	1	1.00	Residencial	
AB1-AB179	546-196	1	1.00	Residencial	
AB1-AB180	546-197	1	1.00	Residencial	
AB1-AB181	546-198	1	1.00	Residencial	
AB1-AB182	546-199	1	1.00	Residencial	
AB1-AB183	546-200	1	1.00	Residencial	
AB1-AB184	546-201	1	1.00	Residencial	
AB1-AB185	546-202	1	1.00	Residencial	
AB1-AB186	546-203	1	1.00	Residencial	
AB1-AB187	546-204	1	1.00	Residencial	
AB1-AB188	546-205	1	1.00	Residencial	
AB1-AB189	546-206	1	1.00	Residencial	
AB1-AB190	546-207	1	1.00	Residencial	
AB1-AB191	546-208	1	1.00	Residencial	
AB1-AB192	546-209	1	1.00	Residencial	
AB1-AB193	546-210	1	1.00	Residencial	
AB1-AB194	546-211	1	1.00	Residencial	
AB1-AB195	546-212	1	1.00	Residencial	
AB1-AB196	546-213	1	1.00	Residencial	
AB1-AB197	546-214	1	1.00	Residencial	
AB1-AB198	546-215	1	1.00	Residencial	
AB1-AB199	546-216	1	1.00	Residencial	
AB1-AB200	546-217	1	1.00	Residencial	
AB1-AB201	546-218	1	1.00	Residencial	
AB1-AB202	546-219	1	1.00	Residencial	
AB1-AB203	546-220	1	1.00	Residencial	
AB1-AB204	546-221	1	1.00	Residencial	
AB1-AB205	546-222	1	1.00	Residencial	
AB1-AB206	546-223	1	1.00	Residencial	
AB1-AB207	546-224	1	1.00	Residencial	
AB1-AB208	546-225	1	1.00	Residencial	
AB1-AB209	546-226	1	1.00	Residencial	
AB1-AB210	546-227	1	1.00	Residencial	
AB1-AB211	546-228	1	1.00	Residencial	
AB1-AB212	546-229	1	1.00	Residencial	
AB1-AB213	546-230	1	1.00	Residencial	
AB1-AB214	546-231	1	1.00	Residencial	
AB1-AB215	546-232	1	1.00	Residencial	
AB1-					





**UBICACIÓN DEL PROYECTO**



**SIMBOLOGÍA**

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	Edificaciones
	Pozo de revisión
	Tubería de alcantarillado
	Sentido de flujo
	Trazado vial
	Afluente/Efluente

**NOMENCLATURA**

ABREVIATURA	DESCRIPCIÓN
CT	Cota de Terreno
CF	Cota de Fondo (Proyecto)
H	Profundidad del pozo de revisión
L	Longitud horizontal
Li	Longitud inclinada
S	Pendiente del Proyecto
Qpp	Caudal a sección parcialmente llena
Vpl	Velocidad a sección parcialmente llena
QTL	Caudal a sección totalmente llena
VPL	Velocidad a sección totalmente llena
Ø	Diámetro de tubería
Pz	Pozo de revisión
Tub	Tubería
H.S	Hormigón-Material de Tubería
PVC	Policloruro de vinilo-Material de Tubería

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**PROYECTO:**  
 "DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE VIDA DE LA COMUNIDAD EL SANTUARIO, PARROQUIA LA MATRIZ, CANTÓN QUERO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"

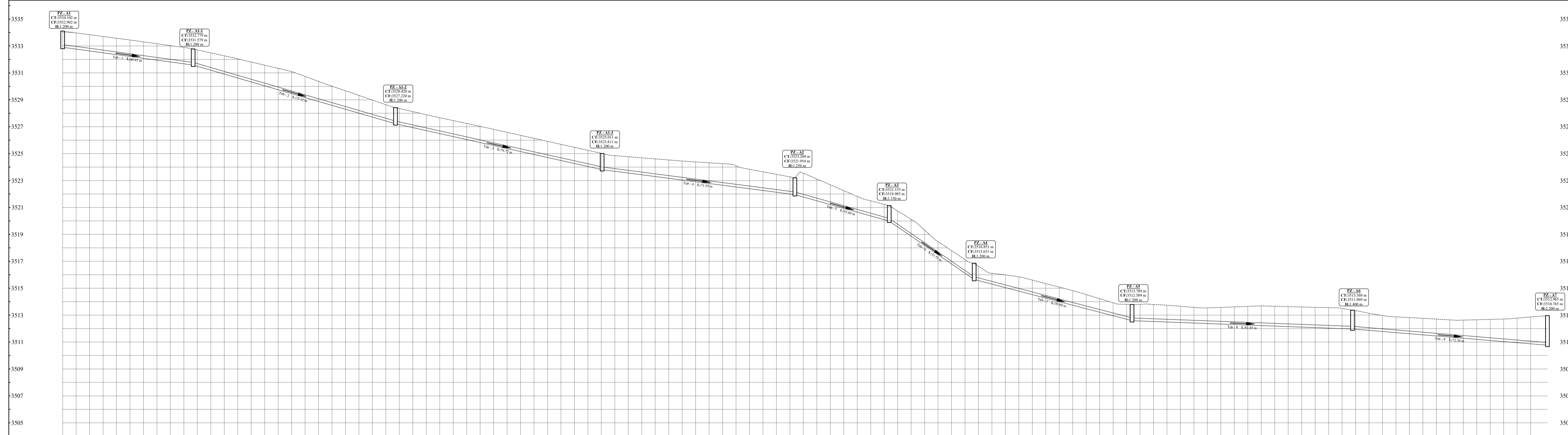
CONTIENE:	LÁMINA:
PLANTA-DATOS DE DISEÑO HIDRÁULICO	<b>A1-04</b>

UBICACIÓN:	FECHA:	ESCALA:
QUERO-TUNGURAHUA	JULIO 2022	1:1750

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:

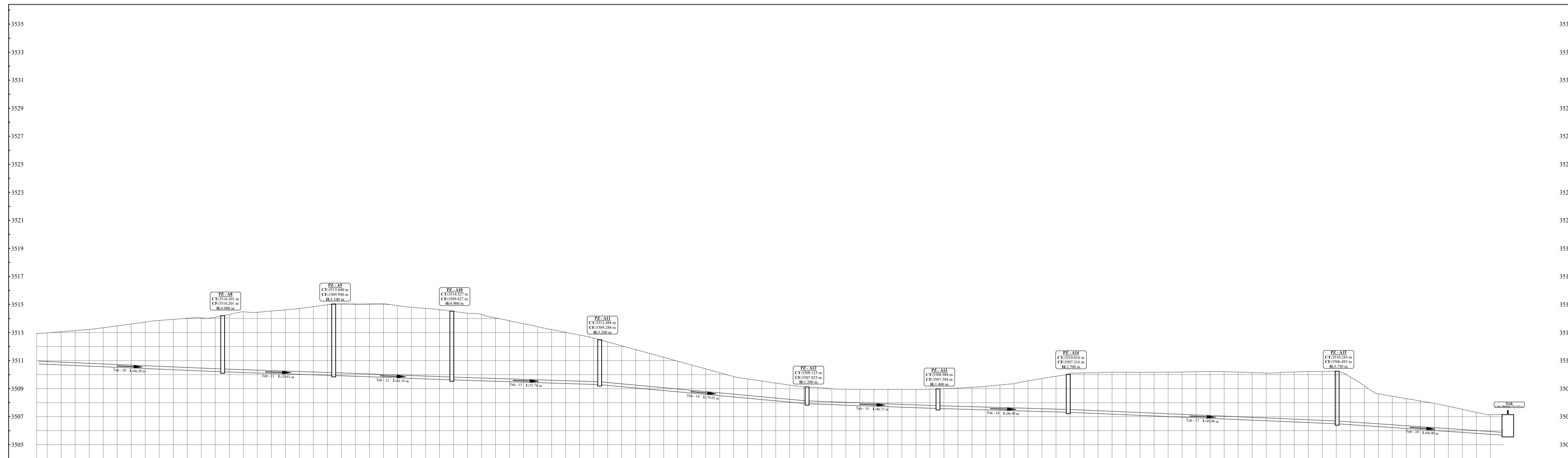


**RAMAL A Km 0+000 a 0+551.25**  
ESCALA H:1000 V:200



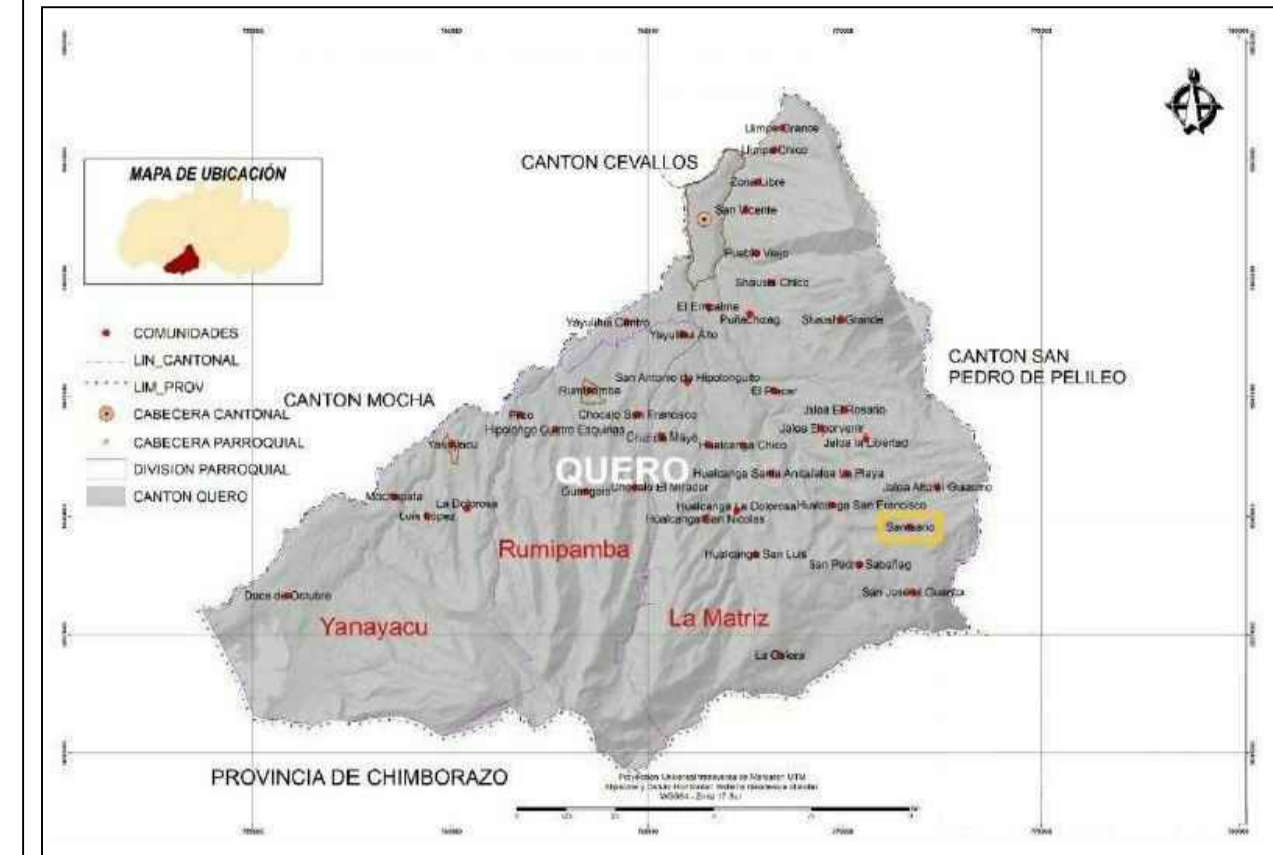
DATOS HIDRÁULICOS	1+000.00 m	1+050.00 m	1+100.00 m	1+150.00 m	1+200.00 m	1+250.00 m	1+300.00 m	1+350.00 m	1+400.00 m	1+450.00 m	1+500.00 m	1+551.25 m
ABSCISA	1000.00	1050.00	1100.00	1150.00	1200.00	1250.00	1300.00	1350.00	1400.00	1450.00	1500.00	1551.25
COTA TAPA DE POZO	3535.00	3533.00	3531.00	3529.00	3527.00	3525.00	3523.00	3521.00	3519.00	3517.00	3515.00	3511.00
COTA FONDO DE POZO	3509.00	3507.00	3505.00	3503.00	3501.00	3499.00	3497.00	3495.00	3493.00	3491.00	3489.00	3487.00
ALTURA DE POZO	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
N° DE POZO	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	

**RAMAL A km 0+551.25 a 1+100**  
ESCALA H:1000 V:200



DATOS HIDRÁULICOS	1+551.25 m	1+600.00 m	1+650.00 m	1+700.00 m	1+750.00 m	1+800.00 m	1+850.00 m	1+900.00 m	1+950.00 m	1+1000.00 m
ABSCISA	551.25	600.00	650.00	700.00	750.00	800.00	850.00	900.00	950.00	1000.00
COTA TAPA DE POZO	3511.00	3512.00	3513.00	3514.00	3515.00	3516.00	3517.00	3518.00	3519.00	3520.00
COTA FONDO DE POZO	3509.00	3508.00	3507.00	3506.00	3505.00	3504.00	3503.00	3502.00	3501.00	3500.00
ALTURA DE POZO	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
N° DE POZO	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21

**UBICACIÓN DEL PROYECTO**



SIMBOLOGÍA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	Pozo de revisión
	Tubería de alcantarillado
	Planta de tratamiento de aguas residuales
	Sentido de flujo
	Trazado vial
	Afluente/Efluente
	Cota del terreno

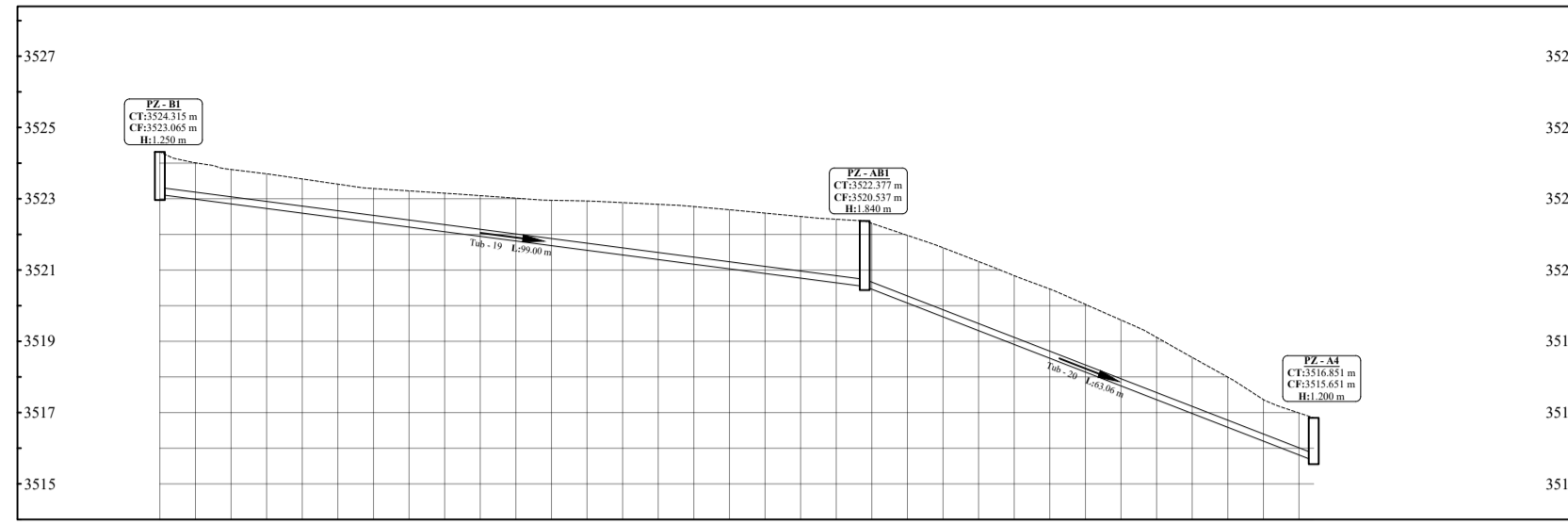
NOMENCLATURA	
ABREVIATURA	DESCRIPCIÓN
CT	Cota de Terreno
CF	Cota de Fondo (Proyecto)
H	Profundidad del pozo de revisión
L	Longitud horizontal
Li	Longitud inclinada
S	Pendiente del Proyecto
Qpp	Caudal a sección parcialmente llena
Vpl	Velocidad a sección parcialmente llena
QTL	Caudal a sección totalmente llena
VPL	Velocidad a sección totalmente llena
Ø	Diámetro de tubería
Pz	Pozo de revisión
Tub	Tubería
H.S	Hormigón-Material de Tubería
PVC	Policloruro de vinilo-Material de Tubería

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**PROYECTO:**  
"DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE VIDA DE LA COMUNIDAD EL SANTUARIO, PARROQUIA LA MATRIZ, CANTÓN QUERO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"

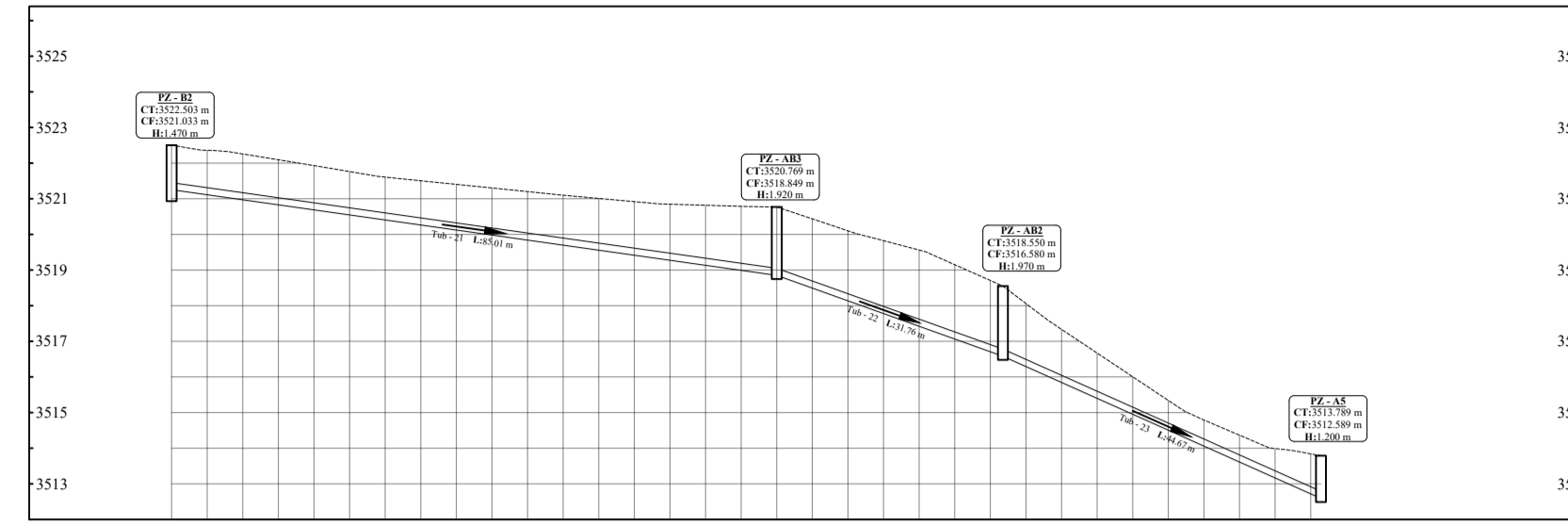
<b>CONTIENE:</b> PERFIL HIDRÁULICO RAMAL A	<b>LÁMINA:</b> A1-05
<b>UBICACIÓN:</b> QUERO-TUNGURAHUA	<b>FECHA:</b> JULIO 2022
<b>ELABORADO POR:</b> Egdo. Luis Ricardo Moreta Telanchana	<b>REVISADO POR:</b> Ing. Lenin Gabriel Silva Tupantasi
<b>APROBADO POR:</b> Ing. Galo Wilfredo Nívar Aldas	

**RED APORTANTE 1 AL RAMAL A**  
ESCALA H:1000 V:200



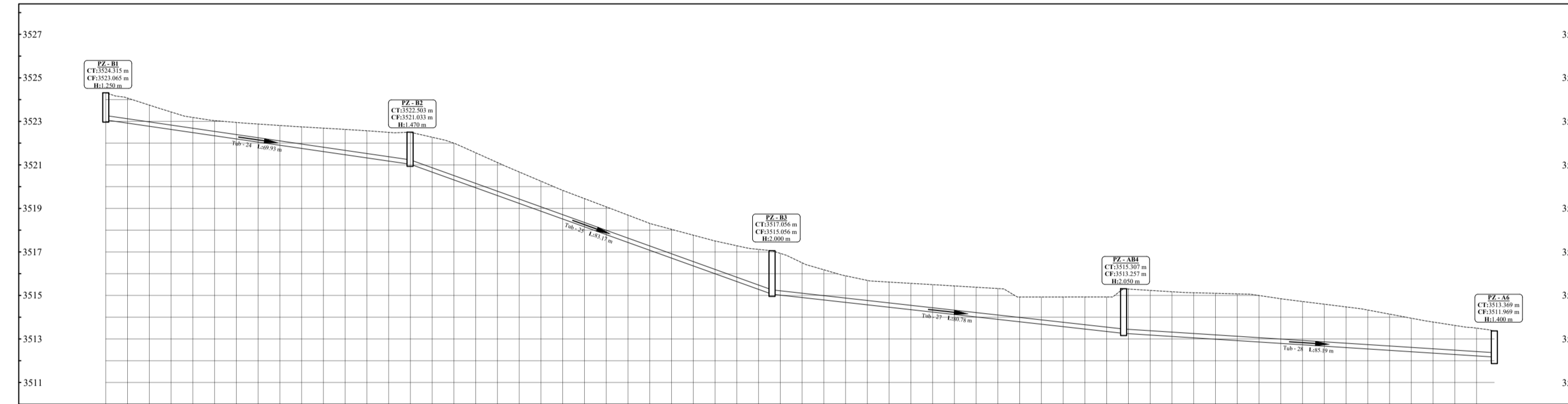
DATOS HIDRÁULICOS	1	2	3
ABSCISA	10000.00	10020.00	10040.00
COTA TAPA DE POZO	3520.00	3520.00	3520.00
COTA FONDO DE POZO	3518.00	3518.00	3518.00
ALTURA DE POZO	2.00	2.00	2.00
N° DE POZO	01	02	03

**RED APORTANTE 2 AL RAMAL A**  
ESCALA H:1000 V:200



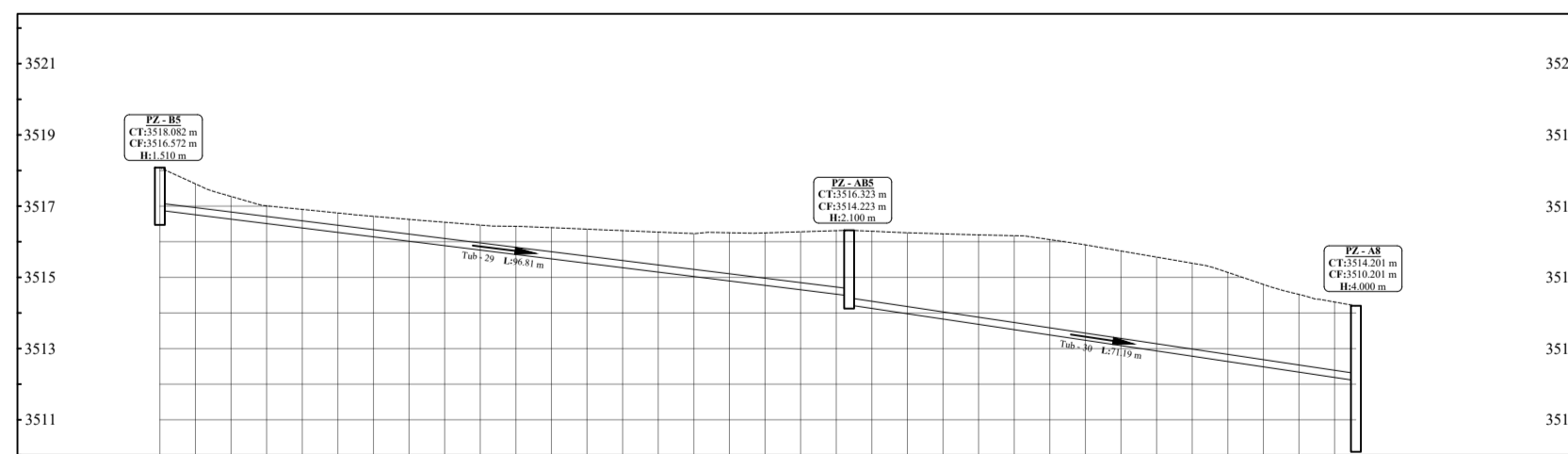
DATOS HIDRÁULICOS	1	2	3	4
ABSCISA	10000.00	10020.00	10040.00	10060.00
COTA TAPA DE POZO	3520.00	3520.00	3520.00	3520.00
COTA FONDO DE POZO	3518.00	3518.00	3518.00	3518.00
ALTURA DE POZO	2.00	2.00	2.00	2.00
N° DE POZO	01	02	03	04

**RED APORTANTE 3 AL RAMAL A**  
ESCALA H:1000 V:200



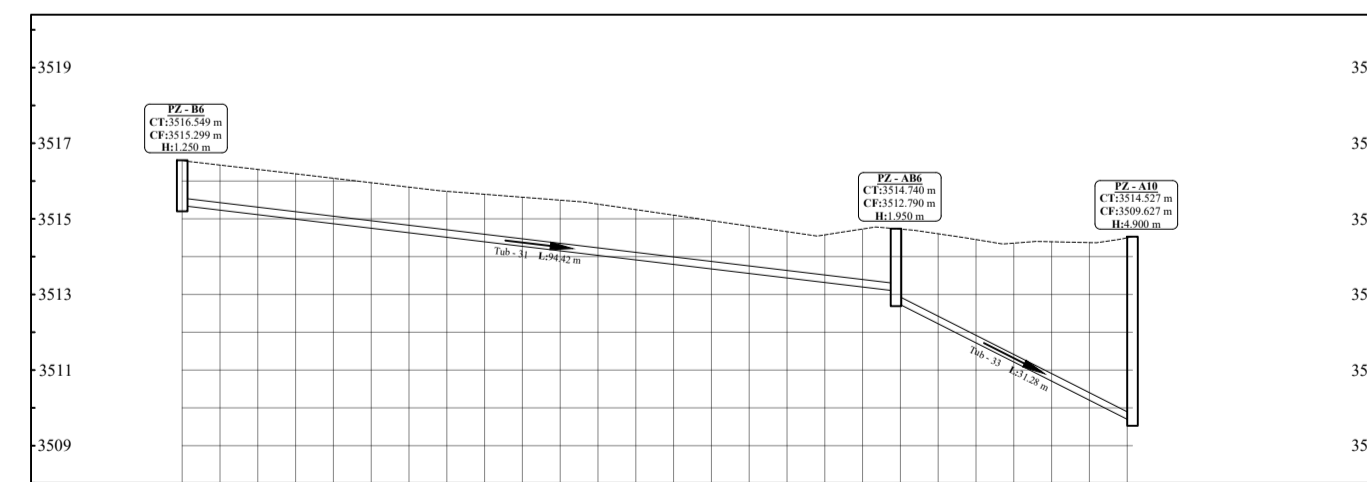
DATOS HIDRÁULICOS	1	2	3	4	5
ABSCISA	10000.00	10020.00	10040.00	10060.00	10080.00
COTA TAPA DE POZO	3520.00	3520.00	3520.00	3520.00	3520.00
COTA FONDO DE POZO	3518.00	3518.00	3518.00	3518.00	3518.00
ALTURA DE POZO	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
N° DE POZO	01	02	03	04	05

**RED APORTANTE 4 AL RAMAL A**  
ESCALA H:1000 V:200



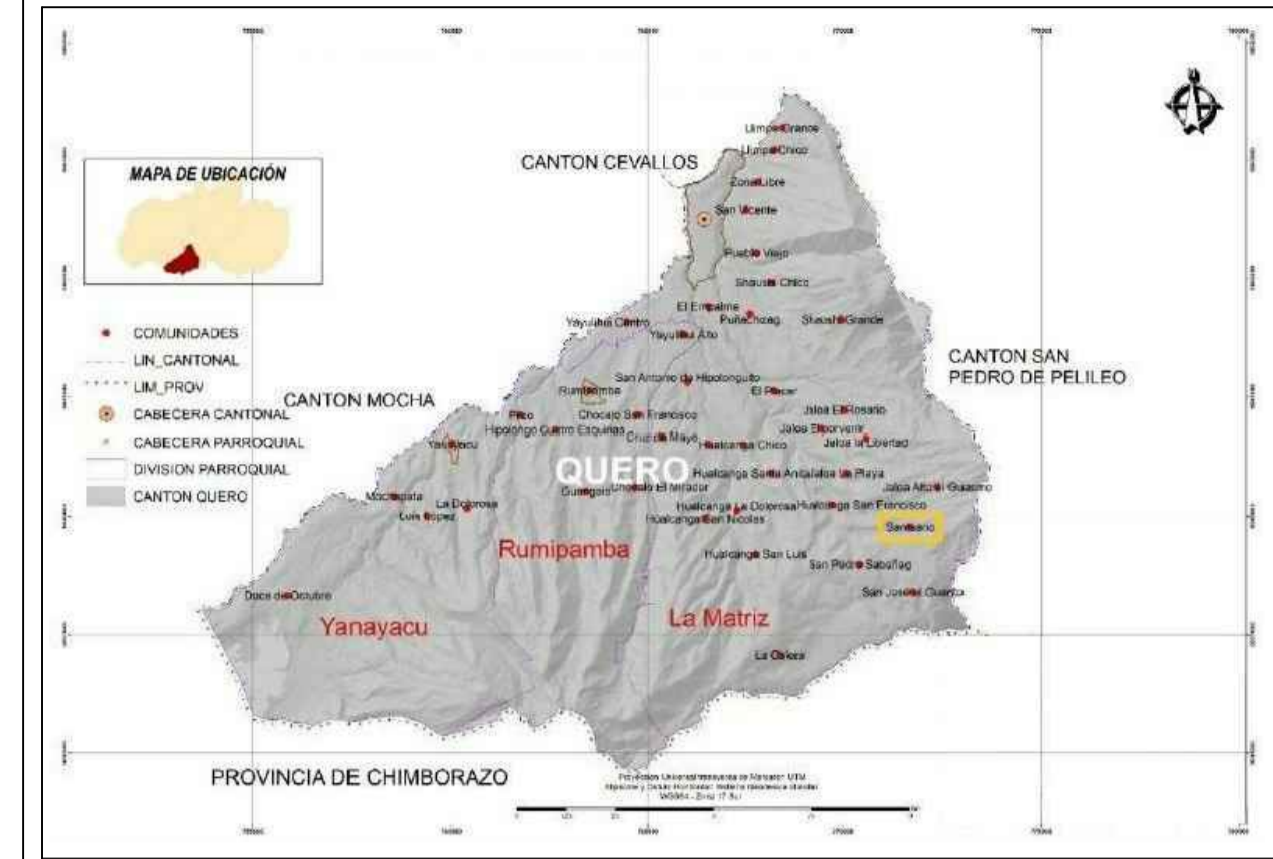
DATOS HIDRÁULICOS	1	2	3
ABSCISA	10000.00	10020.00	10040.00
COTA TAPA DE POZO	3518.00	3518.00	3518.00
COTA FONDO DE POZO	3516.00	3516.00	3516.00
ALTURA DE POZO	2.00	2.00	2.00
N° DE POZO	01	02	03

**RED APORTANTE 5 AL RAMAL A**  
ESCALA H:1000 V:200



DATOS HIDRÁULICOS	1	2	3
ABSCISA	10000.00	10020.00	10040.00
COTA TAPA DE POZO	3516.00	3516.00	3516.00
COTA FONDO DE POZO	3514.00	3514.00	3514.00
ALTURA DE POZO	2.00	2.00	2.00
N° DE POZO	01	02	03

**UBICACIÓN DEL PROYECTO**



SIMBOLOGÍA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	Pozo de revisión
	Tubería de alcantarillado
	Planta de tratamiento de aguas residuales
	Sentido de flujo
	Trazado vial
	Afluente/Efluente
	Cota del terreno

NOMENCLATURA	
ABREVIATURA	DESCRIPCIÓN
CT	Cota de Terreno
CF	Cota de Fondo (Proyecto)
H	Profundidad del pozo de revisión
L	Longitud horizontal
Li	Longitud inclinada
S	Pendiente del Proyecto
Qpp	Caudal a sección parcialmente llena
Vpl	Velocidad a sección parcialmente llena
QTLL	Caudal a sección totalmente llena
VPLL	Velocidad a sección totalmente llena
Ø	Diámetro de tubería
Pz	Pozo de revisión
Tub	Tubería
H.S	Hormigón-Material de Tubería
PVC	Policloruro de vinilo-Material de Tubería

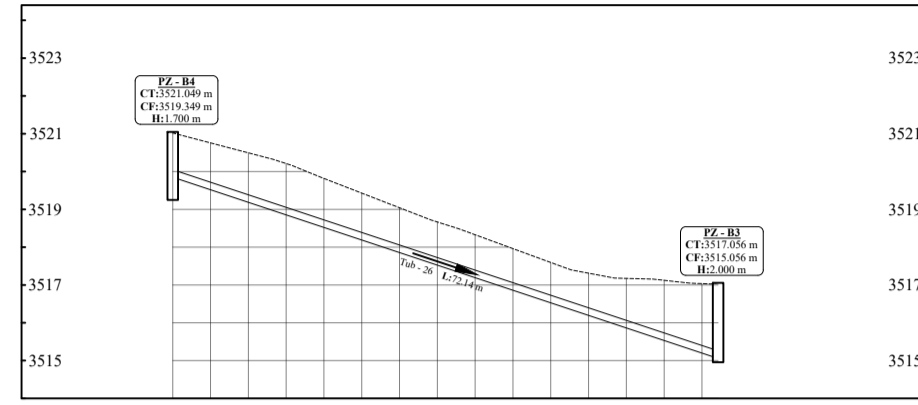
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**PROYECTO:** "DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE VIDA DE LA COMUNIDAD EL SANTUARIO, PARROQUIA LA MATRIZ, CANTÓN QUERO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"

<b>CONTIENE:</b> PERFIL HIDRÁULICO RED APORTANTE 1-2-3-4-5	<b>LÁMINA:</b> <b>A1-06</b>
<b>UBICACIÓN:</b> QUERO-TUNGURAHUA	<b>FECHA:</b> JULIO 2022
<b>ELABORADO POR:</b> Ego. Luis Ricardo Moreira Telencana	<b>REVISADO POR:</b> Ing. Lenin Gabriel Silva Tipantasi
<b>APROBADO POR:</b> Ing. Galo Wálfrido Nívar Aldas	

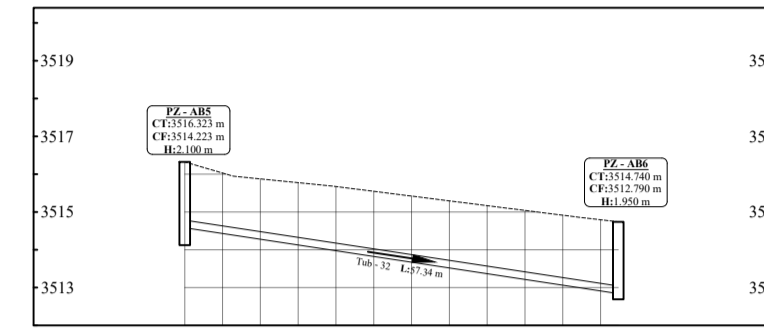


**RED APORTANTE 3.1 A LA RED 3**  
ESCALA H:1000 V:200



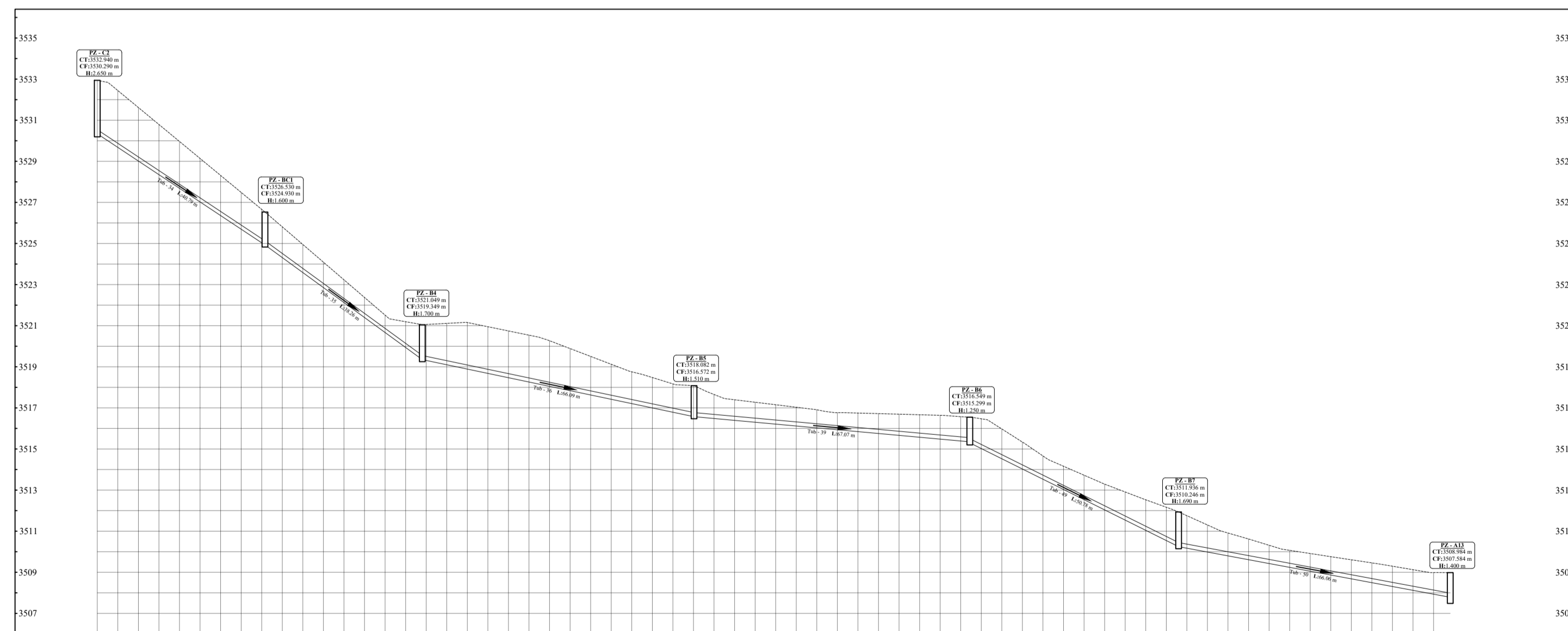
DATOS HIDRÁULICOS			
ABSCISA	0+000.00	0+000.00	0+000.00
COTA TAPA DE POZO	3522.00	3522.00	3522.00
COTA FONDO DE POZO	3519.00	3519.00	3519.00
ALTURA DE POZO	3.00	3.00	3.00
Nº DE POZO	01	02	03

**RED APORTANTE 5.1 A LA RED 5**  
ESCALA H:1000 V:200



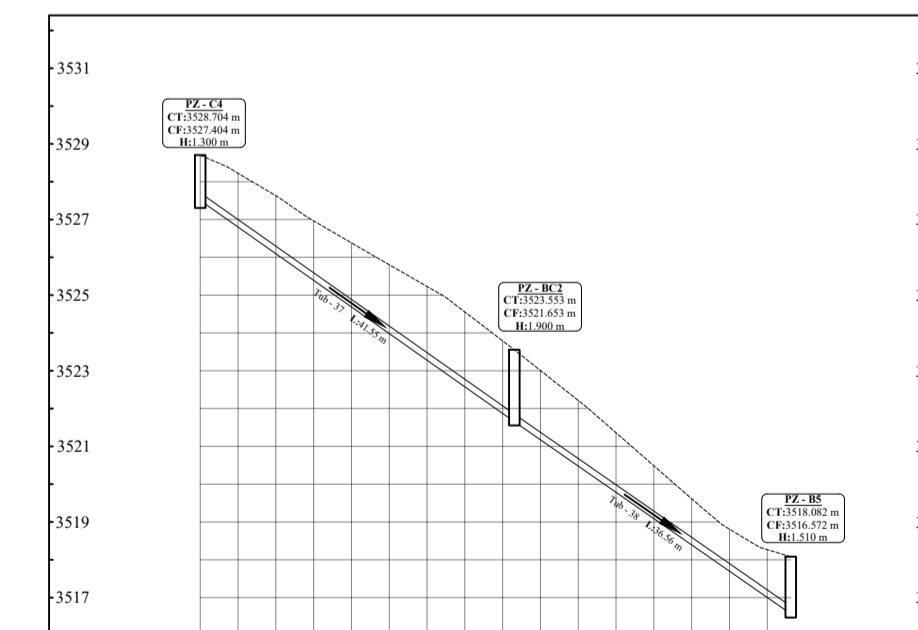
DATOS HIDRÁULICOS			
ABSCISA	0+000.00	0+000.00	0+000.00
COTA TAPA DE POZO	3518.00	3518.00	3518.00
COTA FONDO DE POZO	3515.00	3515.00	3515.00
ALTURA DE POZO	3.00	3.00	3.00
Nº DE POZO	01	02	03

**RAMAL B**  
ESCALA H:1000 V:200



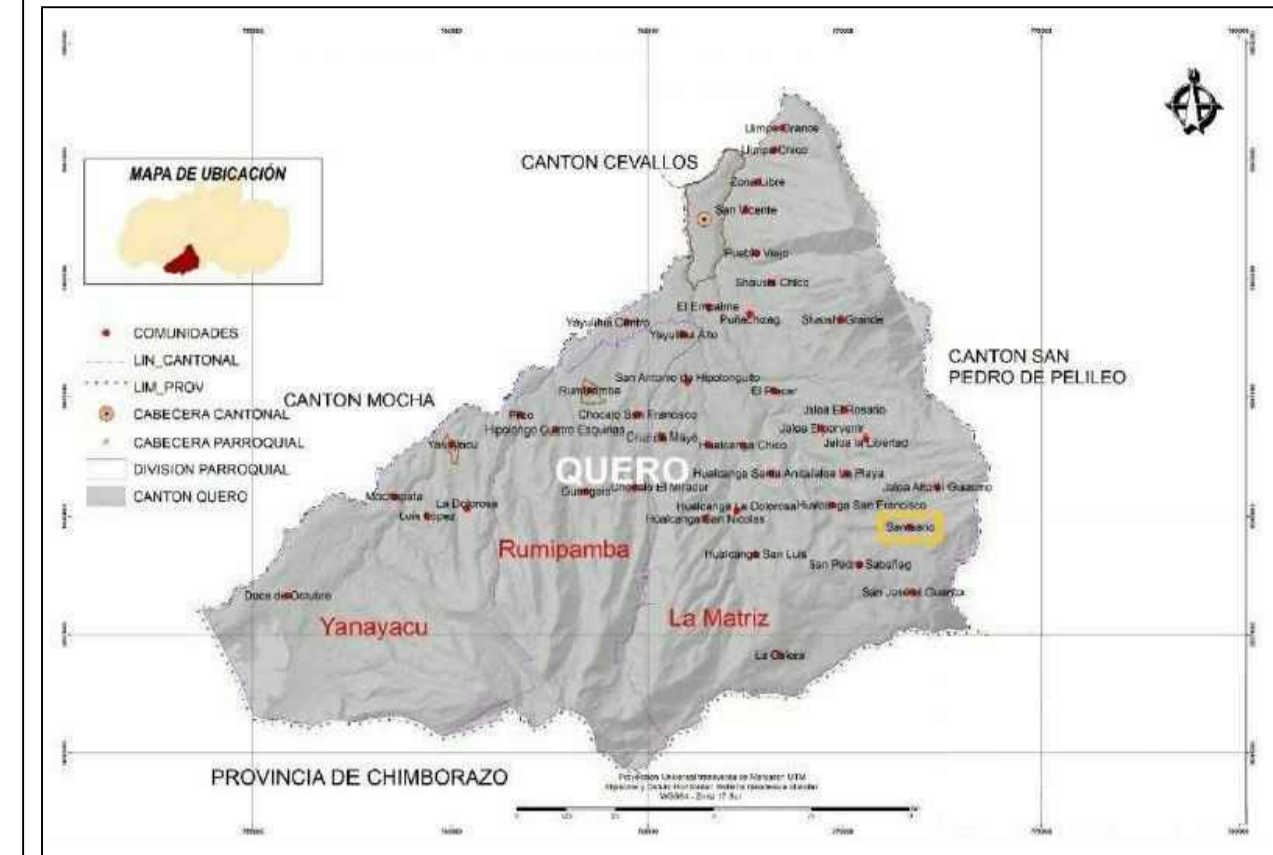
DATOS HIDRÁULICOS							
ABSCISA	0+000.00	0+000.00	0+000.00	0+000.00	0+000.00	0+000.00	0+000.00
COTA TAPA DE POZO	3522.00	3522.00	3522.00	3522.00	3522.00	3522.00	3522.00
COTA FONDO DE POZO	3519.00	3519.00	3519.00	3519.00	3519.00	3519.00	3519.00
ALTURA DE POZO	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Nº DE POZO	01	02	03	04	05	06	07

**RED APORTANTE 6 AL RAMAL B**  
ESCALA H:1000 V:200



DATOS HIDRÁULICOS			
ABSCISA	0+000.00	0+000.00	0+000.00
COTA TAPA DE POZO	3522.00	3522.00	3522.00
COTA FONDO DE POZO	3519.00	3519.00	3519.00
ALTURA DE POZO	3.00	3.00	3.00
Nº DE POZO	01	02	03

**UBICACIÓN DEL PROYECTO**



SIMBOLOGÍA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	Pozo de revisión
	Tubería de alcantarillado
	Planta de tratamiento de aguas residuales
	Sentido de flujo
	Trazado vial
	Afluente/Efluente
	Cota del terreno

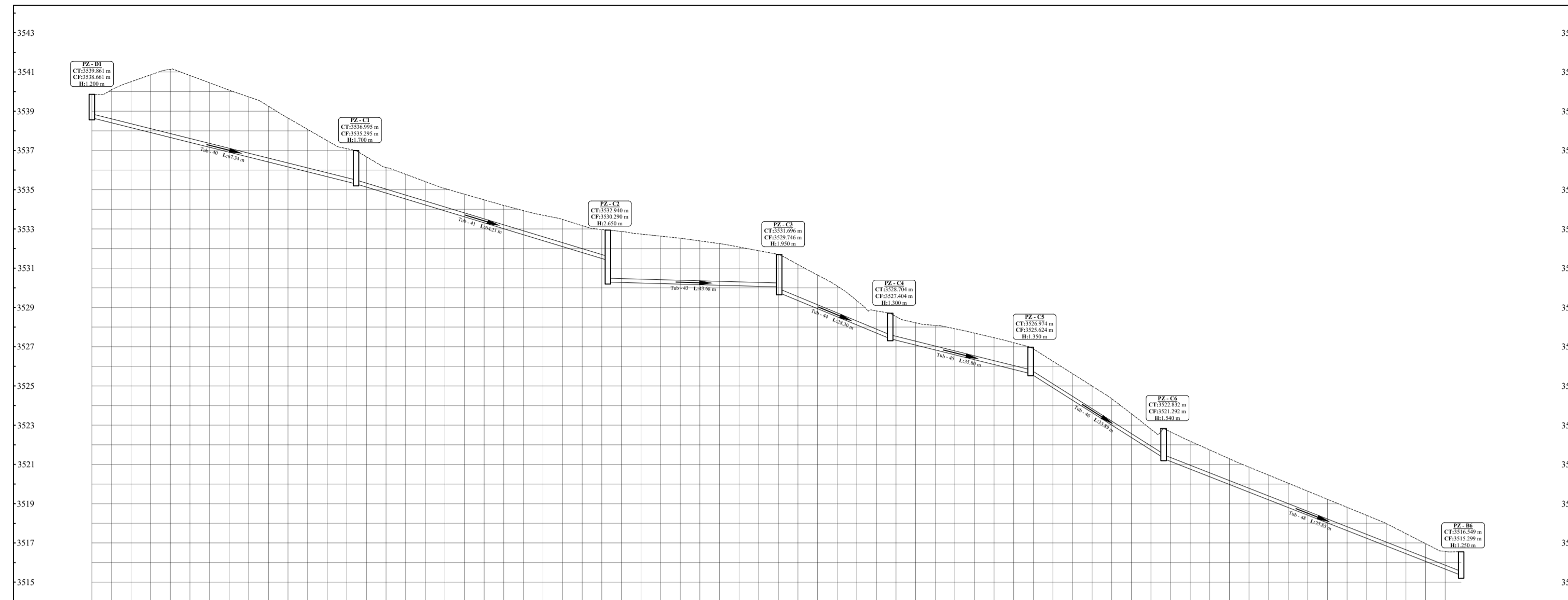
NOMENCLATURA	
ABREVIATURA	DESCRIPCIÓN
CT	Cota de Terreno
CF	Cota de Fondo (Proyecto)
H	Profundidad del pozo de revisión
L	Longitud horizontal
Li	Longitud inclinada
S	Pendiente del Proyecto
Qpp	Caudal a sección parcialmente llena
Vpl	Velocidad a sección parcialmente llena
QTLL	Caudal a sección totalmente llena
VPLL	Velocidad a sección totalmente llena
Ø	Diámetro de tubería
Pz	Pozo de revisión
Tub	Tubería
H.S	Hormigón-Material de Tubería
PVC	Policloruro de vinilo-Material de Tubería

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO: "DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE VIDA DE LA COMUNIDAD EL SANTUARIO, PARROQUIA LA MATRIZ, CANTÓN QUERO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"

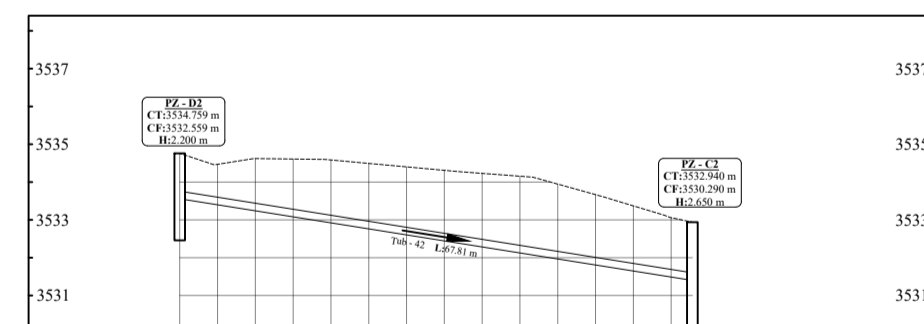
CONTIENE: PERFIL HIDRÁULICO RAMAL B PERFIL HIDRÁULICO RED APORTANTE 3.1-5.1-6	LÁMINA: <b>A1-07</b>
UBICACIÓN: QUERO-TUNGURAHUA	FECHA: JULIO 2022
ELABORADO POR: Egdo. Luis Ricardo Moreta Telencana	REVISADO POR: Ing. Lenin Gabriel Silva Tipantasiq
	APROBADO POR: Ing. Galo Wilfrido Nívar Aldas

**RAMAL - C**  
ESCALA H:1000 V:200



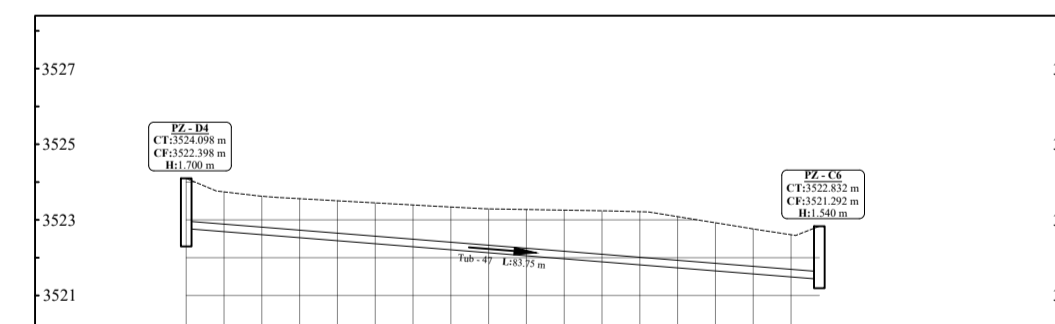
DATOS HIDRÁULICOS	S= 0.0010 m		S= 0.0010 m		S= 0.0010 m		S= 0.0010 m		S= 0.0010 m		S= 0.0010 m	
ABSCISA	0+000.00	0+050.00	0+100.00	0+150.00	0+200.00	0+250.00	0+300.00	0+350.00	0+400.00	0+450.00	0+500.00	0+550.00
COTA TAPA DE POZO	3539.00	3538.00	3537.00	3536.00	3535.00	3534.00	3533.00	3532.00	3531.00	3530.00	3529.00	3528.00
COTA FONDO DE POZO	3538.00	3537.00	3536.00	3535.00	3534.00	3533.00	3532.00	3531.00	3530.00	3529.00	3528.00	3527.00
ALTURA DE POZO	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
N° DE POZO	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12

**RED APORTANTE 7 AL RAMAL C**  
ESCALA H:1000 V:200



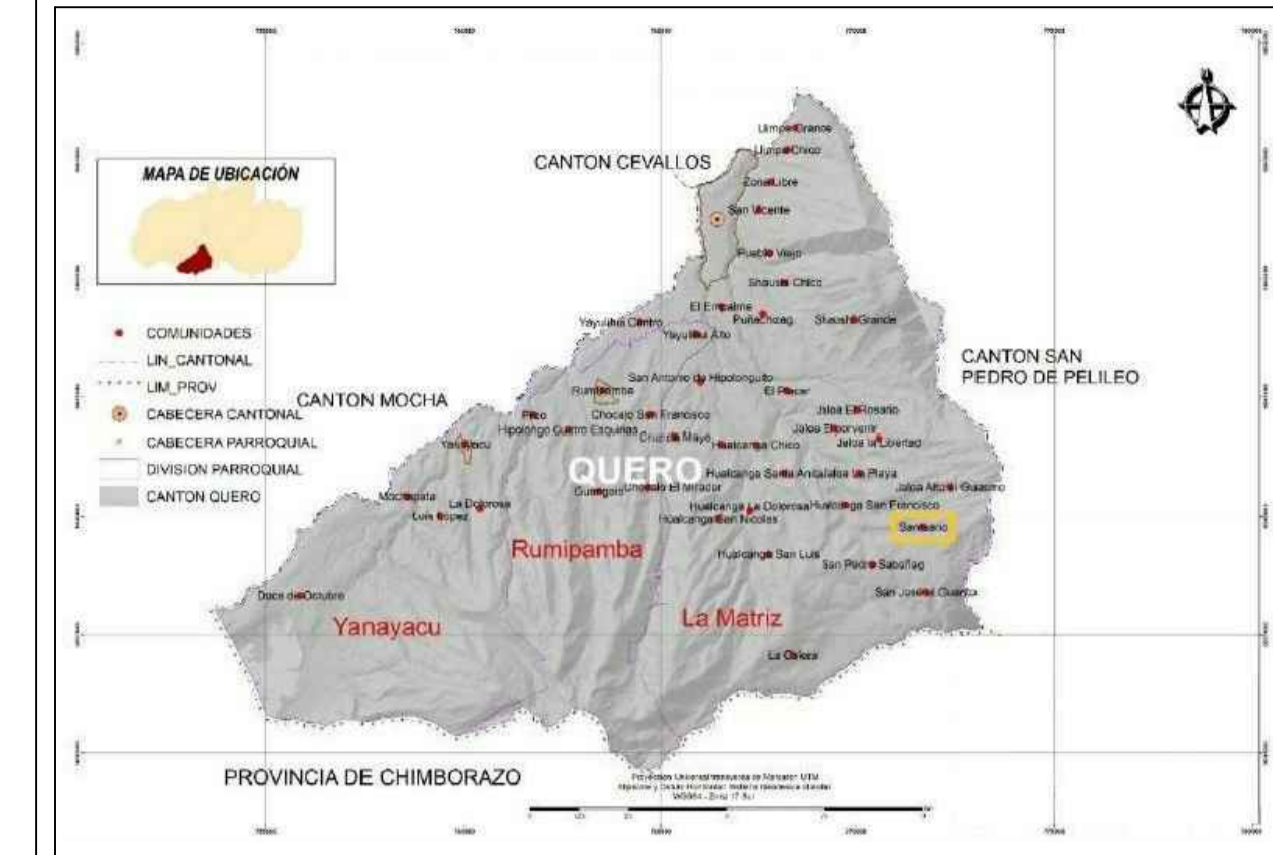
DATOS HIDRÁULICOS	S= 0.0010 m	
ABSCISA	0+000.00	0+050.00
COTA TAPA DE POZO	3536.00	3535.00
COTA FONDO DE POZO	3535.00	3534.00
ALTURA DE POZO	1.00	1.00
N° DE POZO	01	02

**RED APORTANTE 8 AL RAMAL C**  
ESCALA H:1000 V:200



DATOS HIDRÁULICOS	S= 0.0010 m	
ABSCISA	0+000.00	0+050.00
COTA TAPA DE POZO	3526.00	3525.00
COTA FONDO DE POZO	3525.00	3524.00
ALTURA DE POZO	1.00	1.00
N° DE POZO	01	02

**UBICACIÓN DEL PROYECTO**



SIMBOLOGÍA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	Pozo de revisión
	Tubería de alcantarillado
	Planta de tratamiento de aguas residuales
	Sentido de flujo
	Trazado vial
	Afluente/Efluente
	Cota del terreno

NOMENCLATURA	
ABREVIATURA	DESCRIPCIÓN
CT	Cota de Terreno
CF	Cota de Fondo (Proyecto)
H	Profundidad del pozo de revisión
L	Longitud horizontal
Li	Longitud inclinada
S	Pendiente del Proyecto
Qpp	Caudal a sección parcialmente llena
Vpl	Velocidad a sección parcialmente llena
QTLL	Caudal a sección totalmente llena
VPLL	Velocidad a sección totalmente llena
Ø	Diámetro de tubería
Pz	Pozo de revisión
Tub	Tubería
H.S	Hormigón-Material de Tubería
PVC	Policloruro de vinilo-Material de Tubería

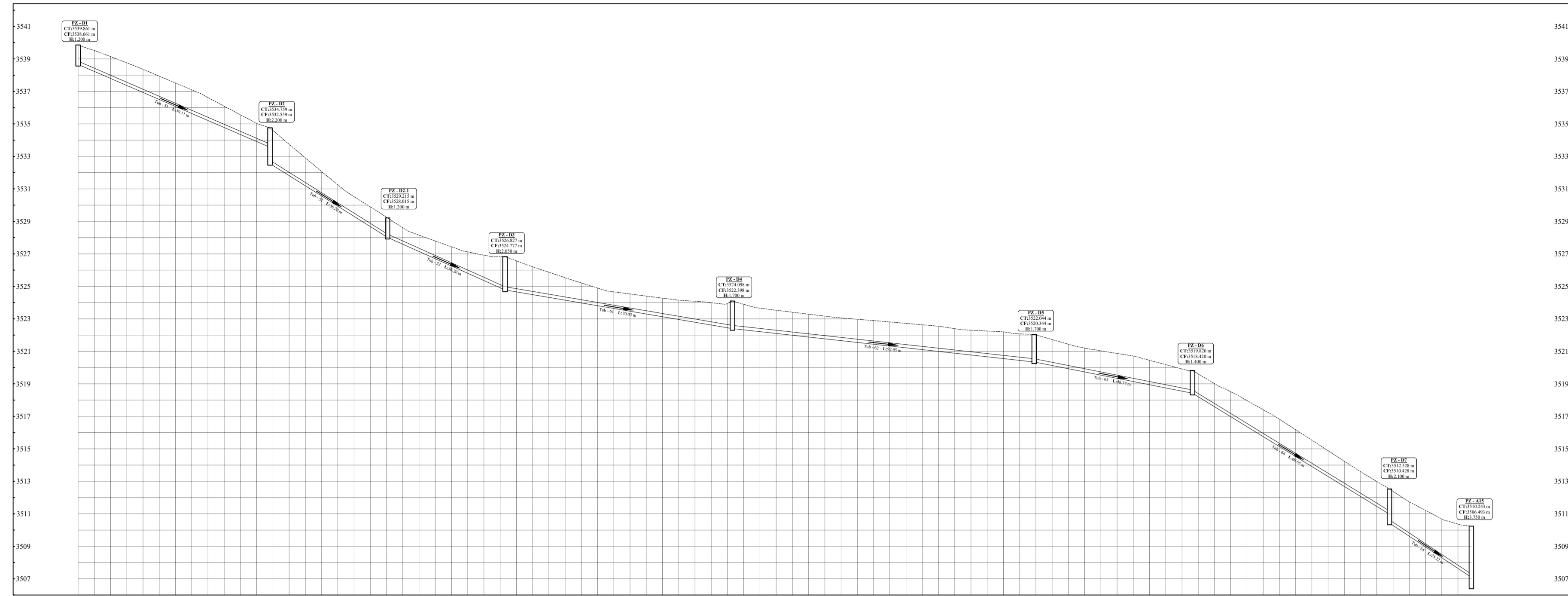
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**PROYECTO:**  
"DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE VIDA DE LA COMUNIDAD EL SANTUARIO, PARROQUIA LA MATRIZ, CANTÓN QUERO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"

<b>CONTIENE:</b> PERFIL HIDRÁULICO RAMAL C PERFIL HIDRÁULICO RED APORTANTE 7-8	<b>LÁMINA:</b> <b>A1-08</b>
<b>UBICACIÓN:</b> QUERO-TUNGURAHUA	<b>FECHA:</b> JULIO 2022
<b>ELABORADO POR:</b> Egdo. Luis Ricardo Moreta Telencana	<b>REVISADO POR:</b> Ing. Lenin Gabriel Silva Tipantasi
<b>APROBADO POR:</b> Ing. Gale Wilfrido Nájera Aldas	

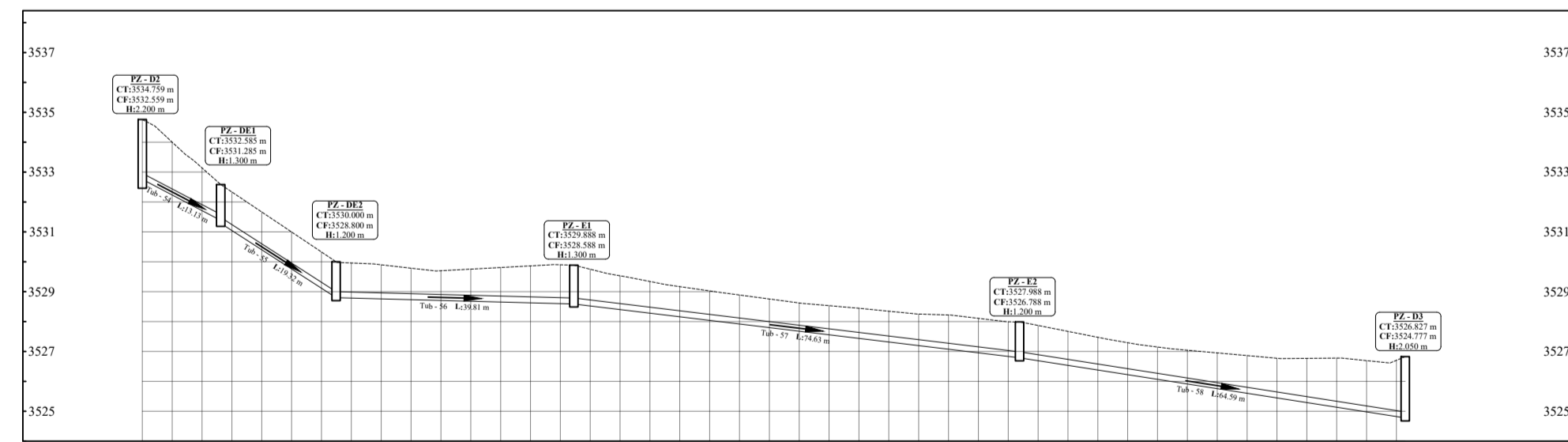


**RAMAL - D**  
ESCALA H:1000 V:200



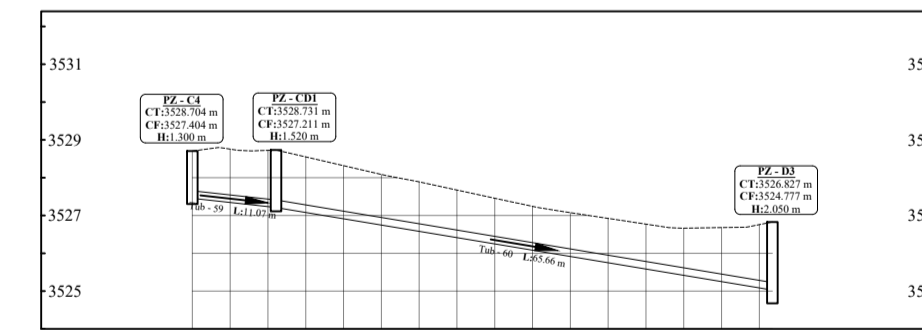
DATOS HIDRÁULICOS	17+300.00 Ø= 1.00 m Qpp= 1.2 m³/s Vppl= 1.2 m/s QTL= 1.2 m³/s VTL= 1.2 m/s	17+340.00 Ø= 1.00 m Qpp= 1.2 m³/s Vppl= 1.2 m/s QTL= 1.2 m³/s VTL= 1.2 m/s	17+380.00 Ø= 1.00 m Qpp= 1.2 m³/s Vppl= 1.2 m/s QTL= 1.2 m³/s VTL= 1.2 m/s	17+420.00 Ø= 1.00 m Qpp= 1.2 m³/s Vppl= 1.2 m/s QTL= 1.2 m³/s VTL= 1.2 m/s	17+460.00 Ø= 1.00 m Qpp= 1.2 m³/s Vppl= 1.2 m/s QTL= 1.2 m³/s VTL= 1.2 m/s	17+500.00 Ø= 1.00 m Qpp= 1.2 m³/s Vppl= 1.2 m/s QTL= 1.2 m³/s VTL= 1.2 m/s	17+540.00 Ø= 1.00 m Qpp= 1.2 m³/s Vppl= 1.2 m/s QTL= 1.2 m³/s VTL= 1.2 m/s	17+580.00 Ø= 1.00 m Qpp= 1.2 m³/s Vppl= 1.2 m/s QTL= 1.2 m³/s VTL= 1.2 m/s	17+620.00 Ø= 1.00 m Qpp= 1.2 m³/s Vppl= 1.2 m/s QTL= 1.2 m³/s VTL= 1.2 m/s
ABSCISA	17+300.00	17+340.00	17+380.00	17+420.00	17+460.00	17+500.00	17+540.00	17+580.00	17+620.00
COTA TAPA DE POZO	3535.00	3533.00	3531.00	3529.00	3527.00	3525.00	3523.00	3521.00	3519.00
COTA FONDO DE POZO	3533.00	3531.00	3529.00	3527.00	3525.00	3523.00	3521.00	3519.00	3517.00
ALTURA DE POZO	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Nº DE POZO	01	02	03	04	05	06	07	08	09

**RED APORTANTE 9 AL RAMAL D**  
ESCALA H:1000 V:200



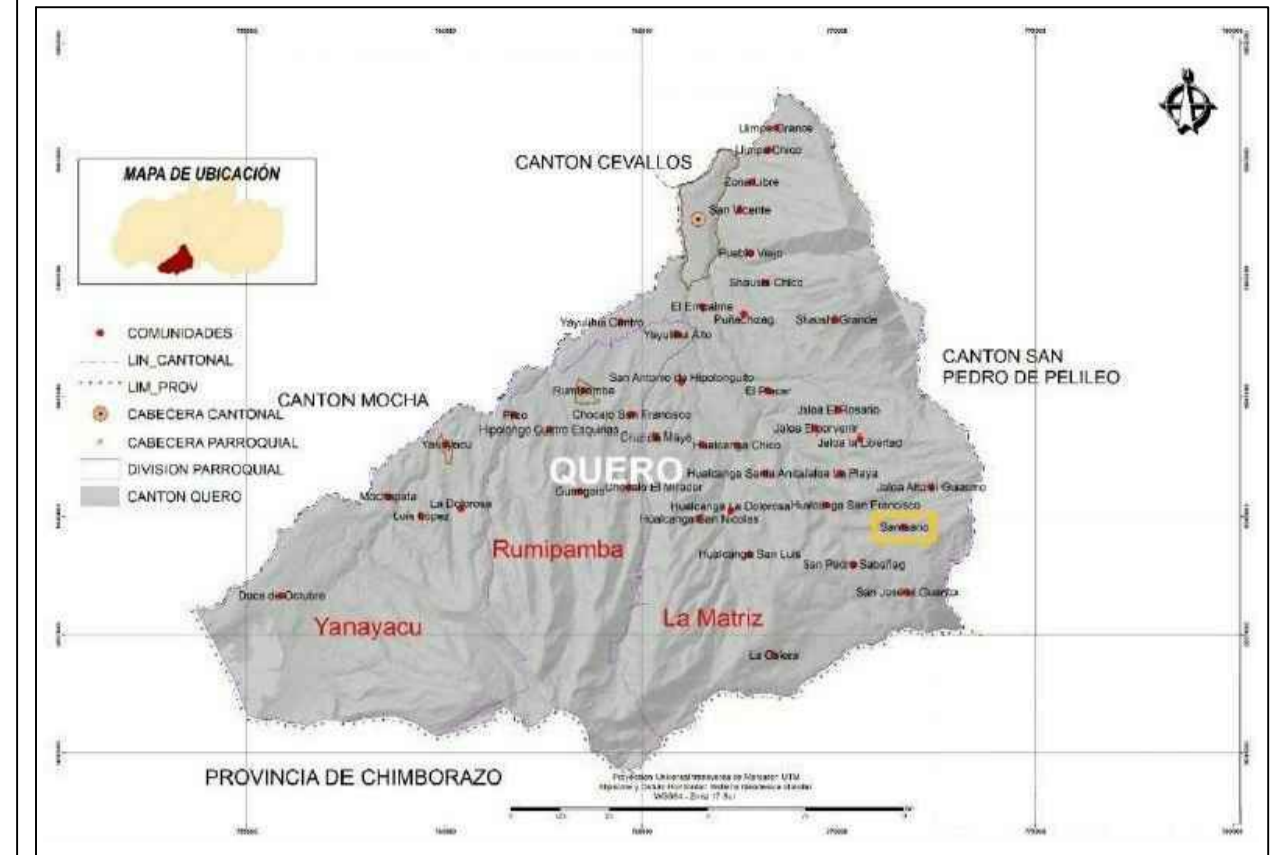
DATOS HIDRÁULICOS	17+100.00 Ø= 0.80 m Qpp= 0.8 m³/s Vppl= 0.8 m/s QTL= 0.8 m³/s VTL= 0.8 m/s	17+140.00 Ø= 0.80 m Qpp= 0.8 m³/s Vppl= 0.8 m/s QTL= 0.8 m³/s VTL= 0.8 m/s	17+180.00 Ø= 0.80 m Qpp= 0.8 m³/s Vppl= 0.8 m/s QTL= 0.8 m³/s VTL= 0.8 m/s	17+220.00 Ø= 0.80 m Qpp= 0.8 m³/s Vppl= 0.8 m/s QTL= 0.8 m³/s VTL= 0.8 m/s	17+260.00 Ø= 0.80 m Qpp= 0.8 m³/s Vppl= 0.8 m/s QTL= 0.8 m³/s VTL= 0.8 m/s
ABSCISA	17+100.00	17+140.00	17+180.00	17+220.00	17+260.00
COTA TAPA DE POZO	3535.00	3533.00	3531.00	3529.00	3527.00
COTA FONDO DE POZO	3533.00	3531.00	3529.00	3527.00	3525.00
ALTURA DE POZO	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Nº DE POZO	10	11	12	13	14

**RED APORTANTE 10 AL RAMAL D**  
ESCALA H:1000 V:200



DATOS HIDRÁULICOS	17+100.00 Ø= 0.80 m Qpp= 0.8 m³/s Vppl= 0.8 m/s QTL= 0.8 m³/s VTL= 0.8 m/s	17+140.00 Ø= 0.80 m Qpp= 0.8 m³/s Vppl= 0.8 m/s QTL= 0.8 m³/s VTL= 0.8 m/s	17+180.00 Ø= 0.80 m Qpp= 0.8 m³/s Vppl= 0.8 m/s QTL= 0.8 m³/s VTL= 0.8 m/s
ABSCISA	17+100.00	17+140.00	17+180.00
COTA TAPA DE POZO	3531.00	3529.00	3527.00
COTA FONDO DE POZO	3529.00	3527.00	3525.00
ALTURA DE POZO	2.00	2.00	2.00
Nº DE POZO	15	16	17

**UBICACIÓN DEL PROYECTO**



SIMBOLOGÍA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	Pozo de revisión
	Tubería de alcantarillado
	Planta de tratamiento de aguas residuales
	Sentido de flujo
	Trazado vial
	Afluente/Efluente
	Cota del terreno

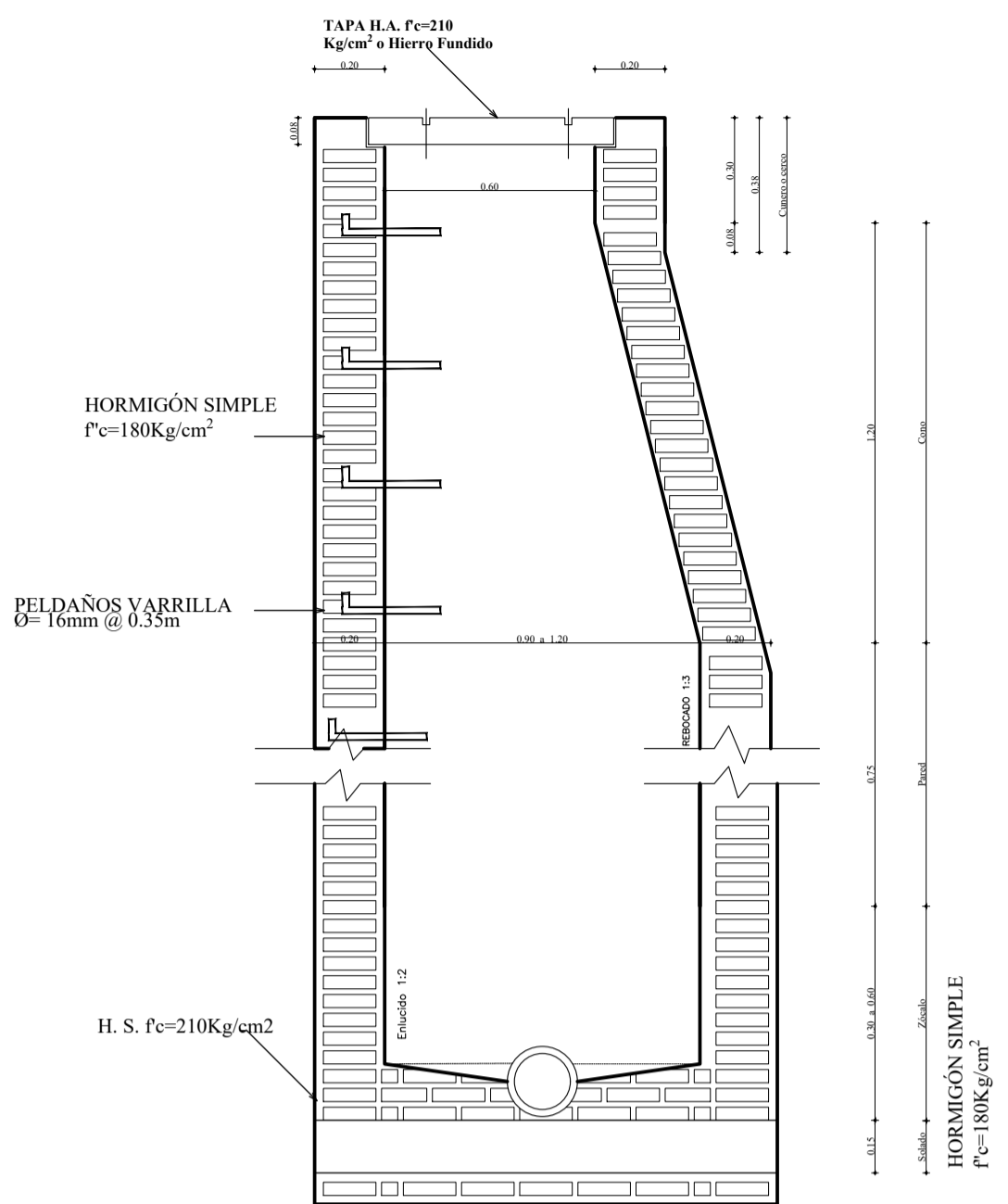
NOMENCLATURA	
ABREVIATURA	DESCRIPCIÓN
CT	Cota de Terreno
CF	Cota de Fondo (Proyecto)
H	Profundidad del pozo de revisión
L	Longitud horizontal
Li	Longitud inclinada
S	Pendiente del Proyecto
Qpp	Caudal a sección parcialmente llena
Vppl	Velocidad a sección parcialmente llena
QTL	Caudal a sección totalmente llena
VPLL	Velocidad a sección totalmente llena
Ø	Diámetro de tubería
Pz	Pozo de revisión
Tub	Tubería
H.S	Hormigón-Material de Tubería
PVC	Policloruro de vinilo-Material de Tubería

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

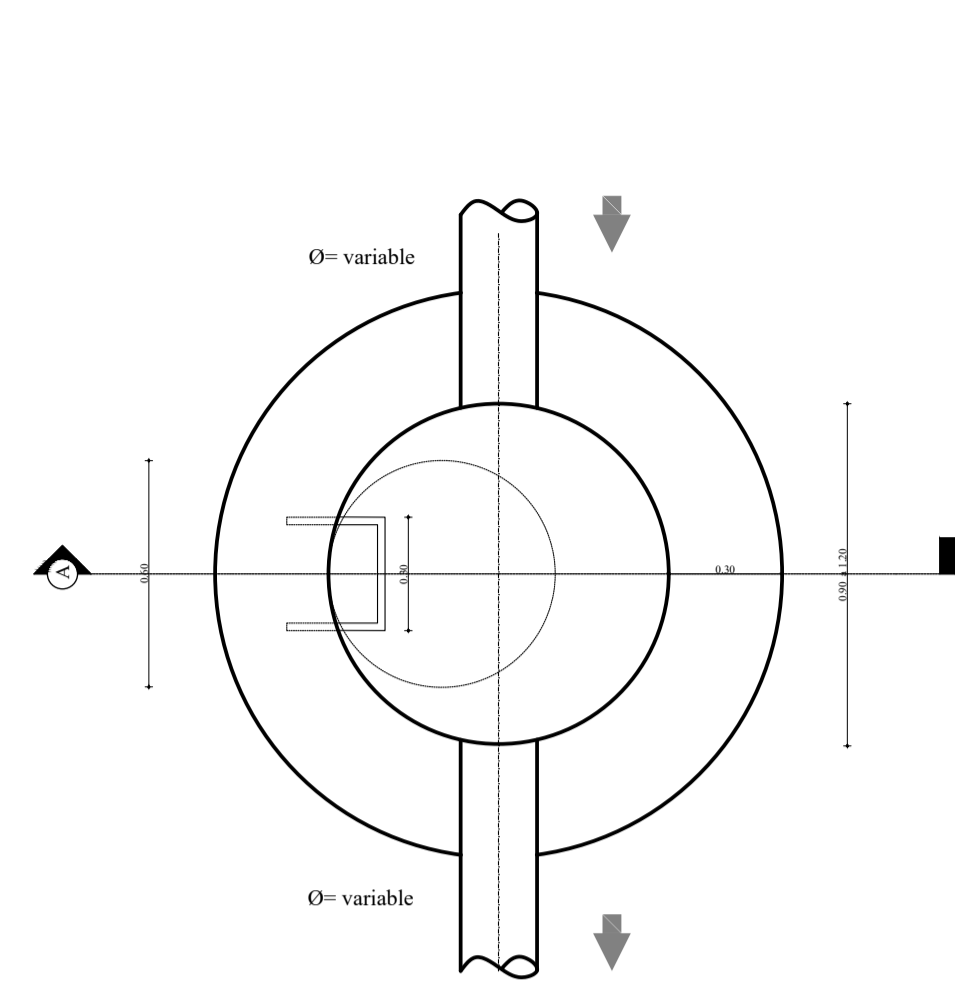
PROYECTO: "DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE VIDA DE LA COMUNIDAD EL SANTUARIO, PARROQUIA LA MATRIZ, CANTÓN QUERO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"

CONTIENE: PERFIL HIDRÁULICO RAMAL D PERFIL HIDRÁULICO RED APORTANTE 9-10	LÁMINA: <b>A1-09</b>
UBICACIÓN: QUERO-TUNGURAHUA	FECHA: JULIO 2022
ELABORADO POR: Egdo. Luis Ricardo Moreta Telencana	REVISADO POR: Ing. Lenin Gabriel Silva Tipantasi
	APROBADO POR: Ing. Galo Wálfrido Nívar Aldas

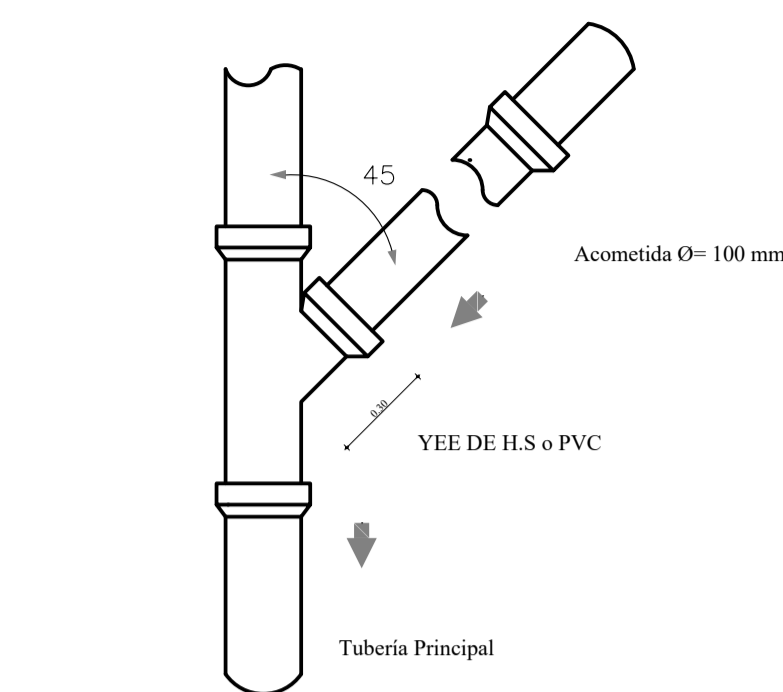
## POZO DE REVISIÓN



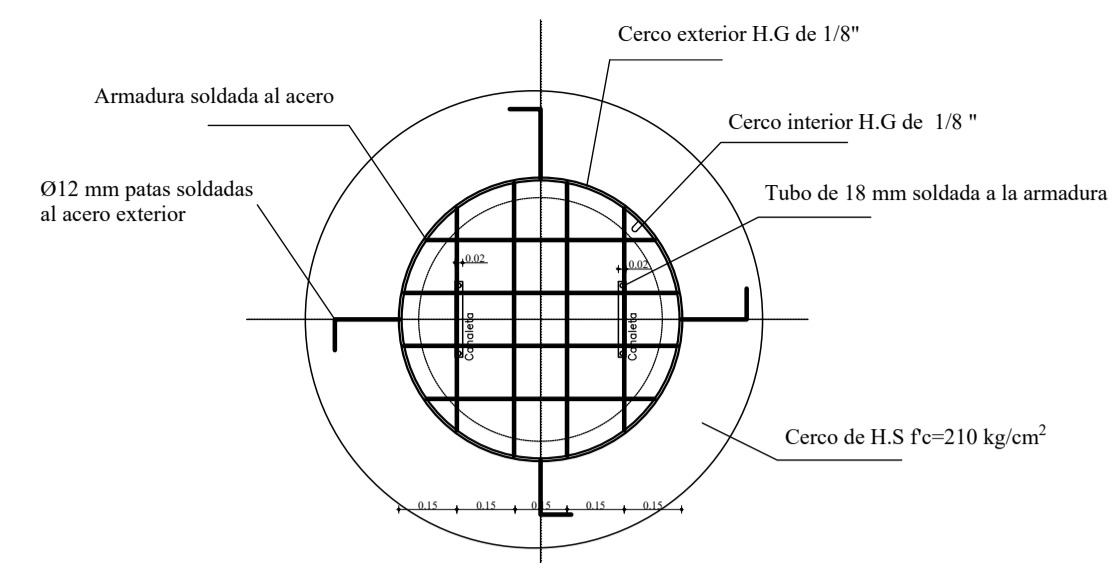
POZO DE REVISION CORTE A-A'  
ESCALA 1:20



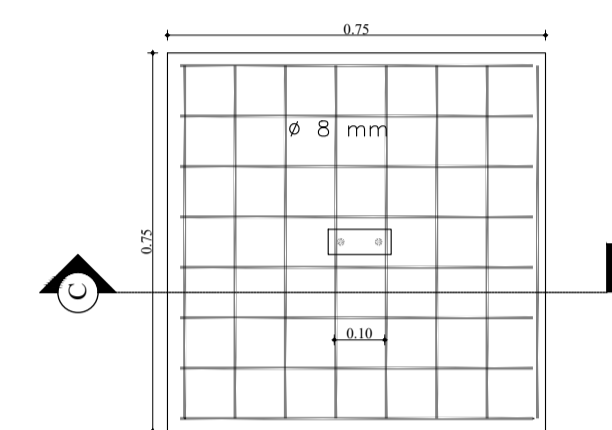
PLANTA POZO DE REVISIÓN  
ESCALA 1:20



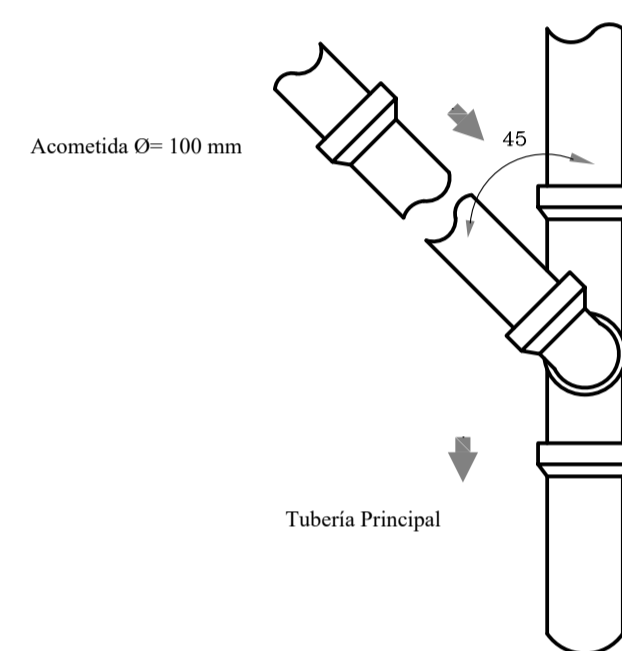
CONEXION DOMICILIARIA EN  
TUBERÍA POCO PROFUNDA  
ESCALA 1:20



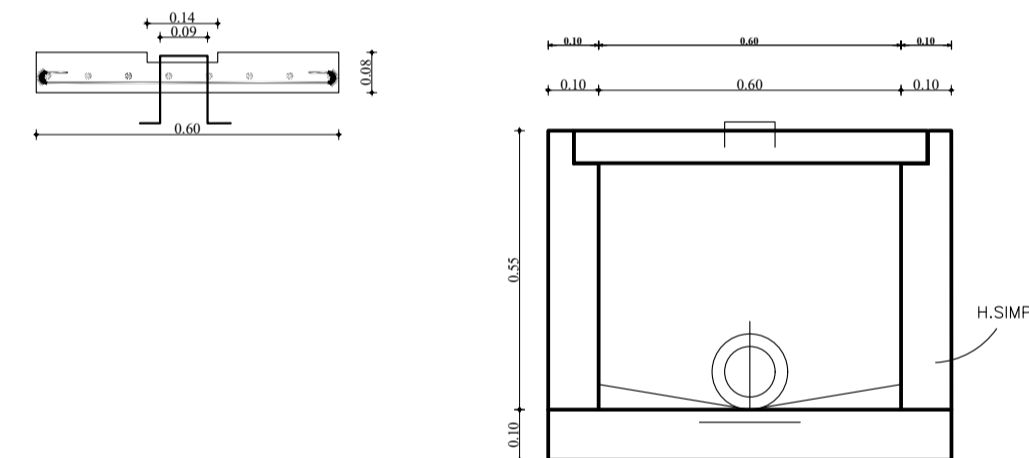
DETALLE DE LA ESTRUCTURA  
DE LA TAPA DE H.F  
ESCALA 1:20



DETALLE DE LA ESTRUCTURA  
DE LA TAPA DE H.A  
ESCALA 1:15

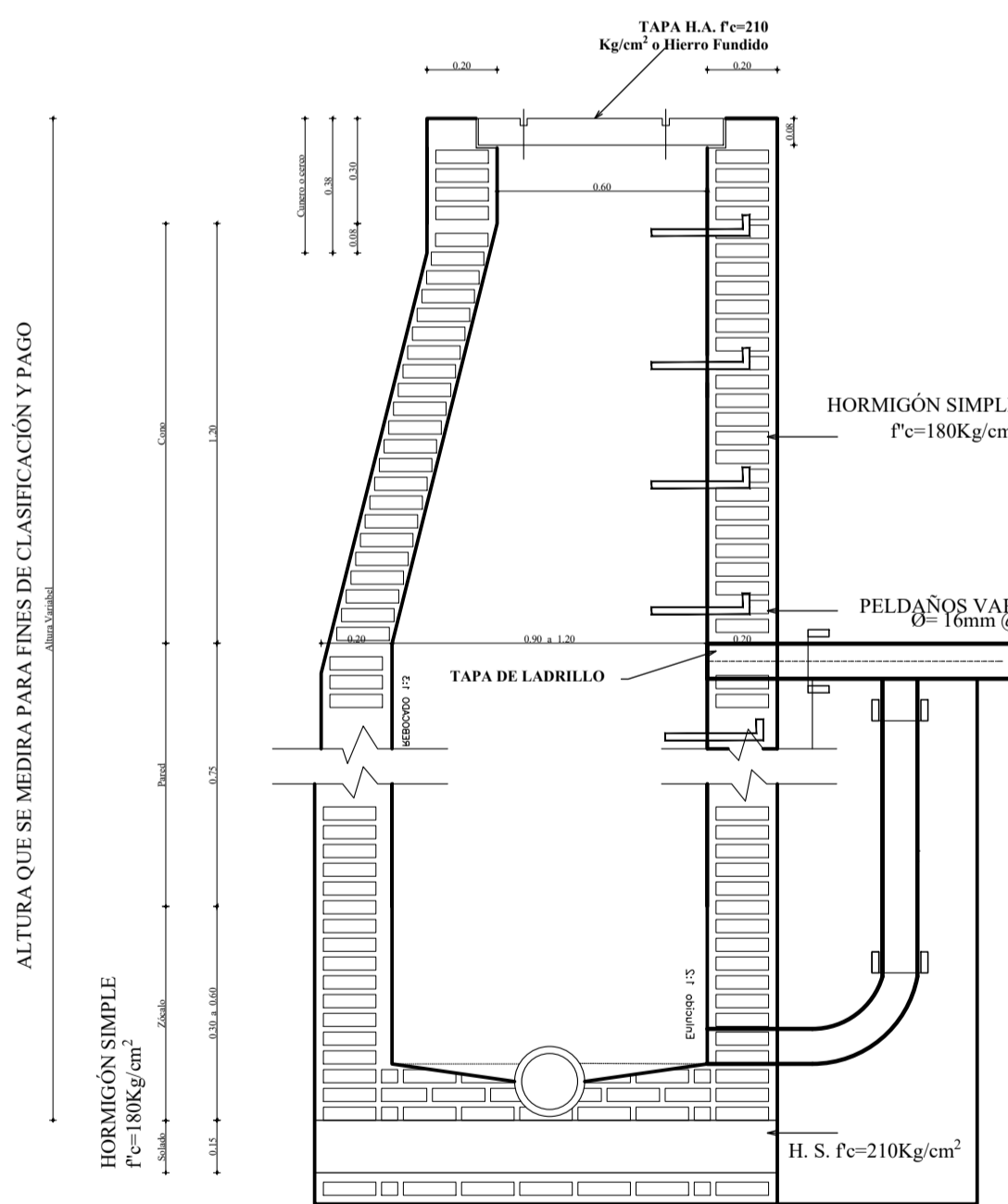


CONEXIÓN DOMICILIARIA  
EN TUBERÍA PROFUNDA  
ESCALA 1:20

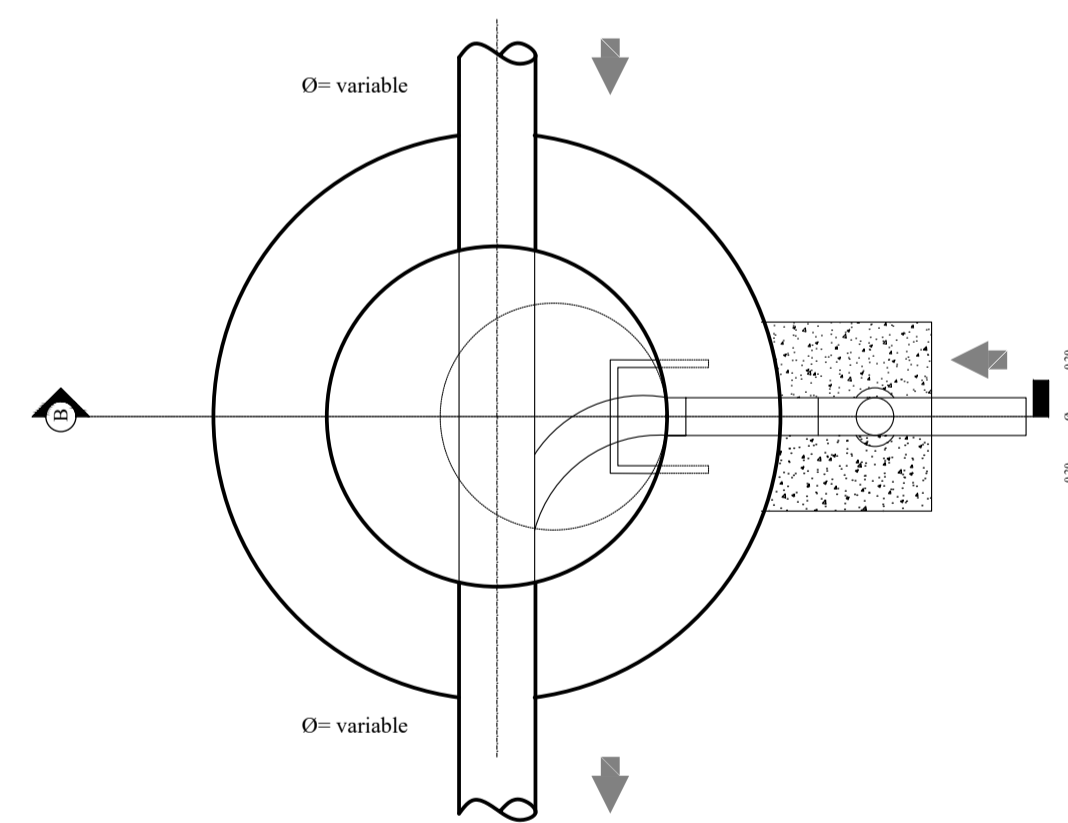


CORTE C-C'  
CAJA DE REVISIÓN CONEXIÓN DOMICILIARIA  
ESCALA 1:15

## POZO DE SALTO



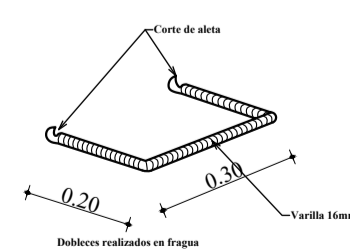
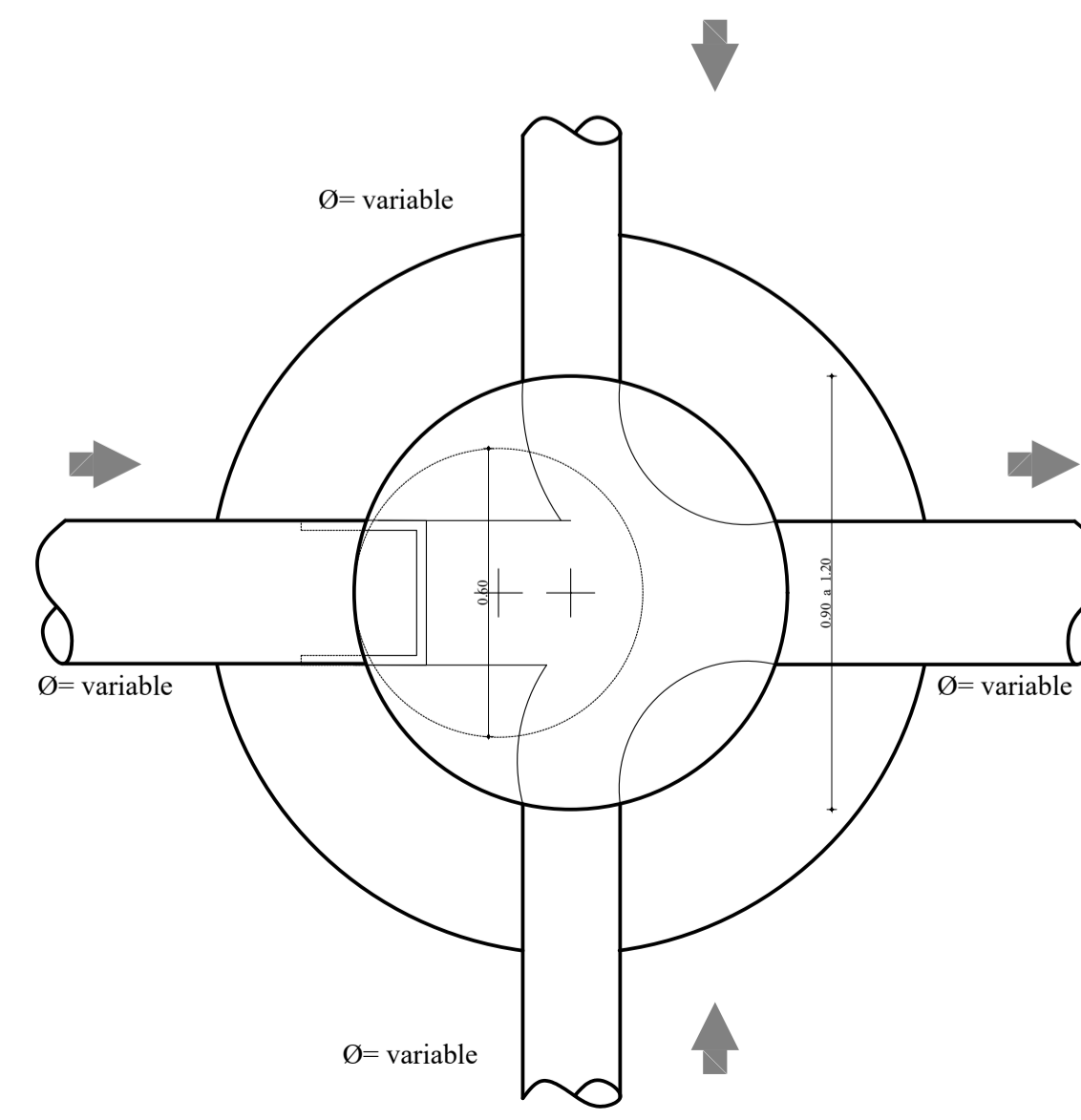
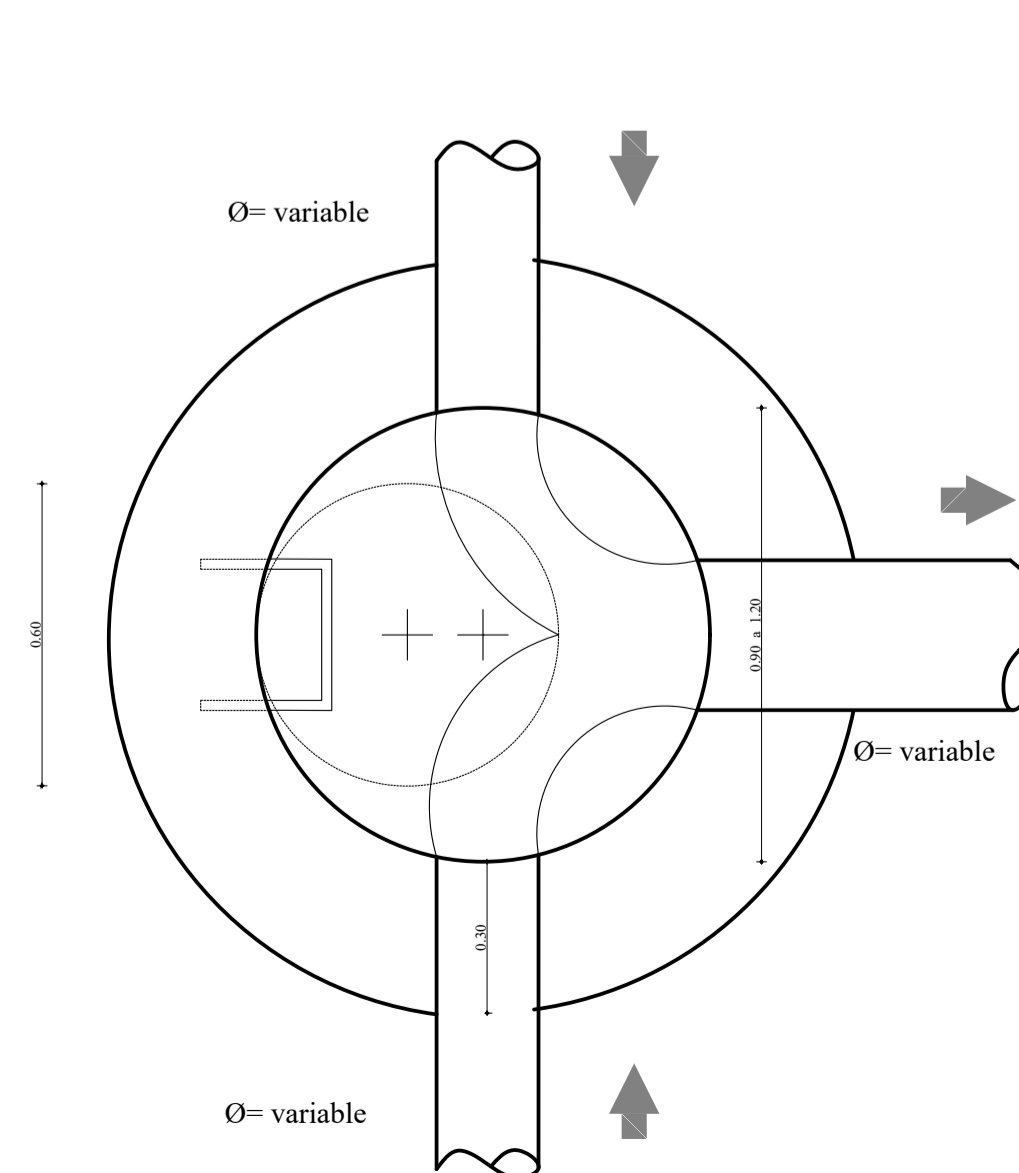
POZO DE REVISION CORTE B-B'  
ESCALA 1:20



PLANTA POZO DE SALTO  
ESCALA 1:20

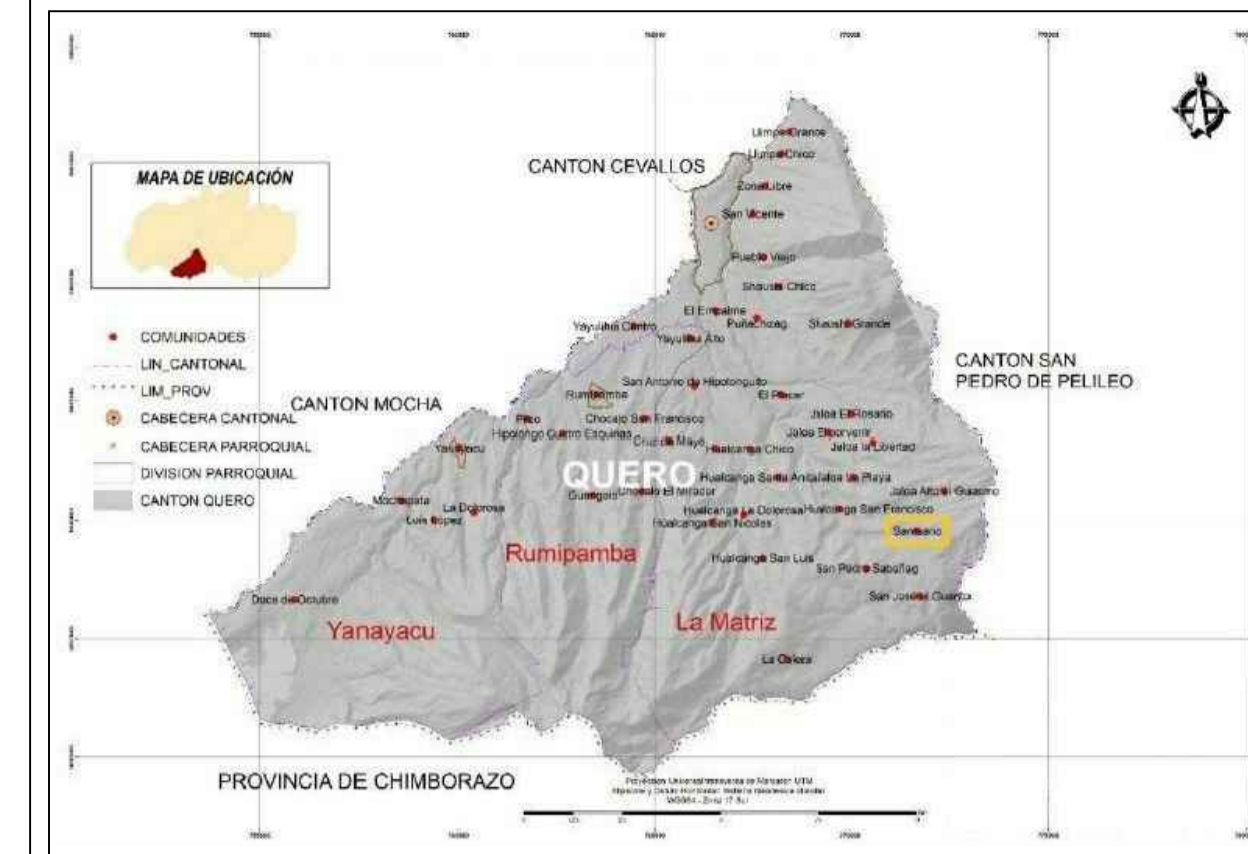
## EMPALME DE TRES Y CUATRO RAMALES

ESCALA 1:15



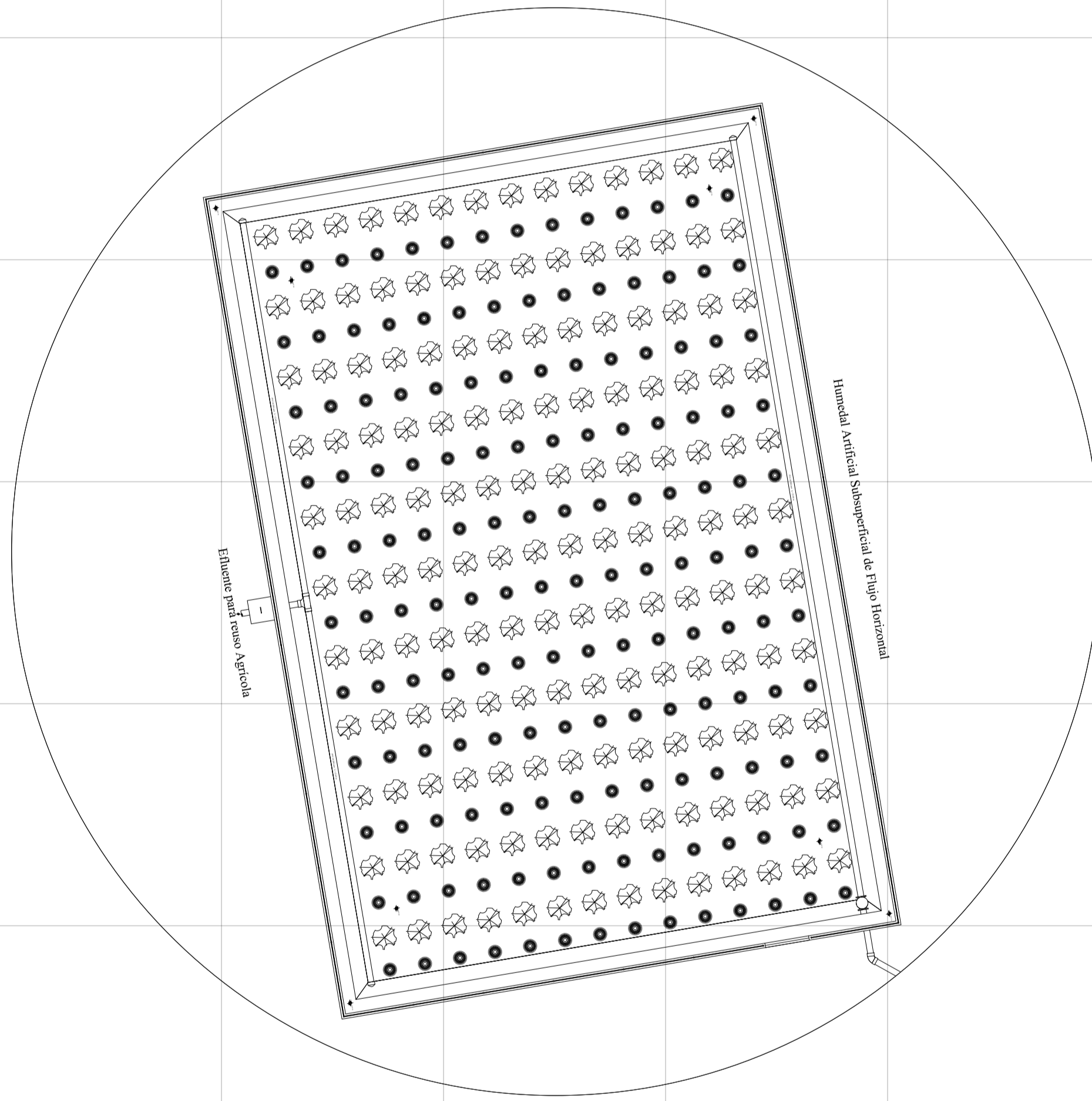
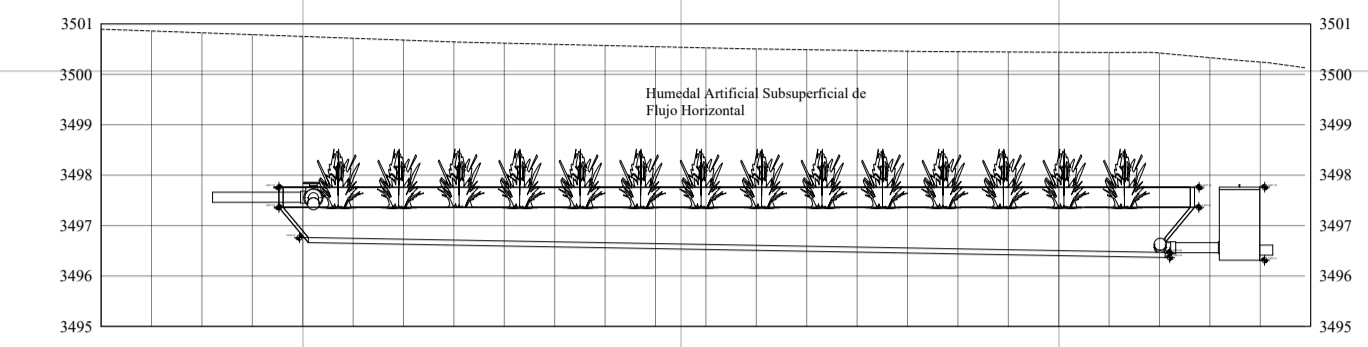
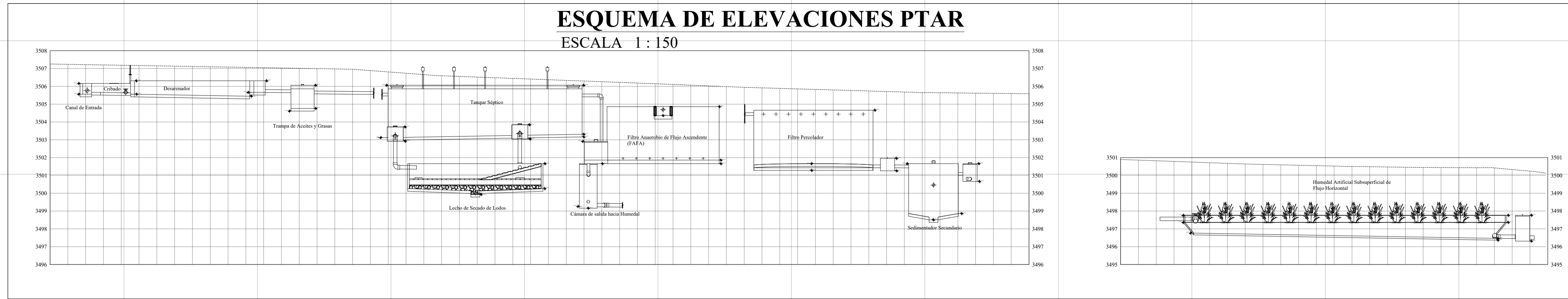
DETALLE PELDAÑO  
ESCALA 1:10

## UBICACIÓN DEL PROYECTO

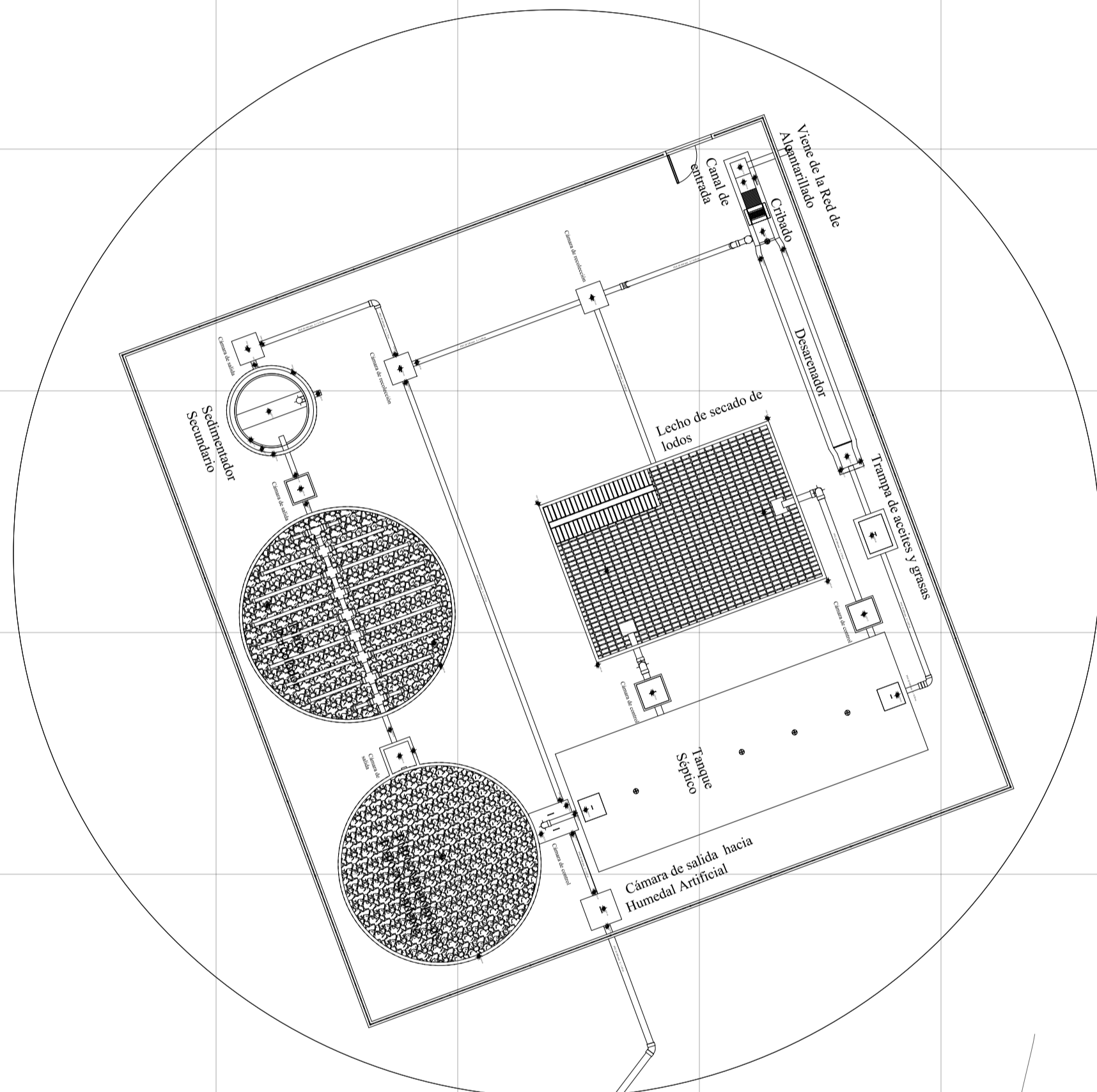


<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL		
PROYECTO: <b>"DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE VIDA DE LA COMUNIDAD EL SANTUARIO, PARROQUIA LA MATRIZ, CANTÓN QUERO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"</b>		
CONTIENE: DETALLES DE ELEMENTOS DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO	LÁMINA: <b>A1-10</b>	
UBICACIÓN: QUERO-TUNGURAHUA	FECHA: JULIO 2022	ESCALA: INDICADAS
ELABORADO POR: Ego. Luis Ricardo Moreta Telencana	REVISADO POR: Ing. Lenin Gabriel Silva Tipantasi	APROBADO POR: Ing. Galo Wilfrido Nívar Aldas

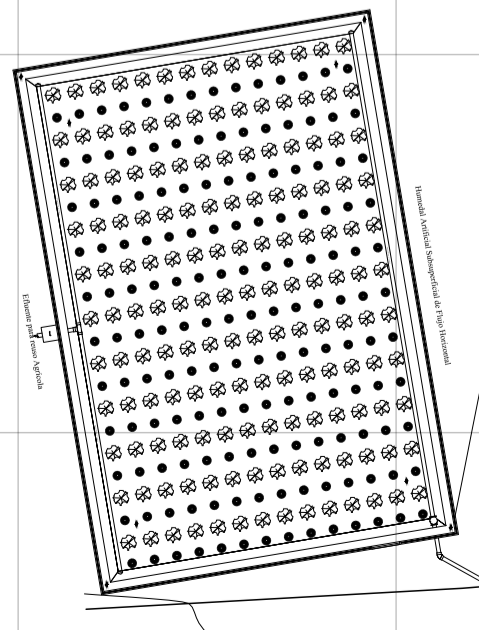




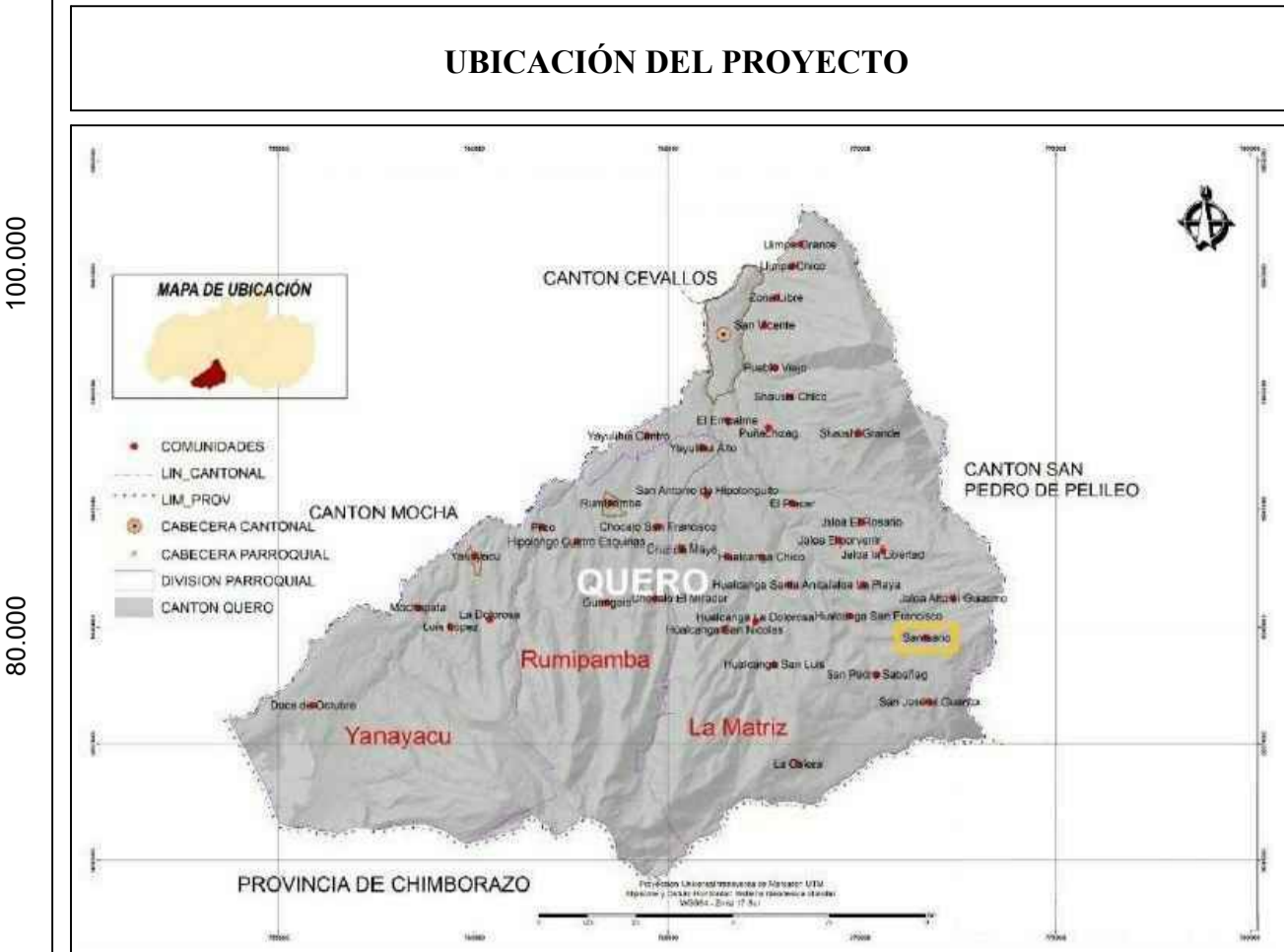
**HUMEDAL ARTIFICIAL**  
ESCALA 1 : 150



**UNIDADES DE TRATAMIENTO**  
ESCALA 1 : 150



**IMPLANTACIÓN PTAR**  
ESCALA 1 : 400



SIMBOLOGÍA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	Edificaciones
	Curvas de nivel
	Trazado vial
	Cota Terreno



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



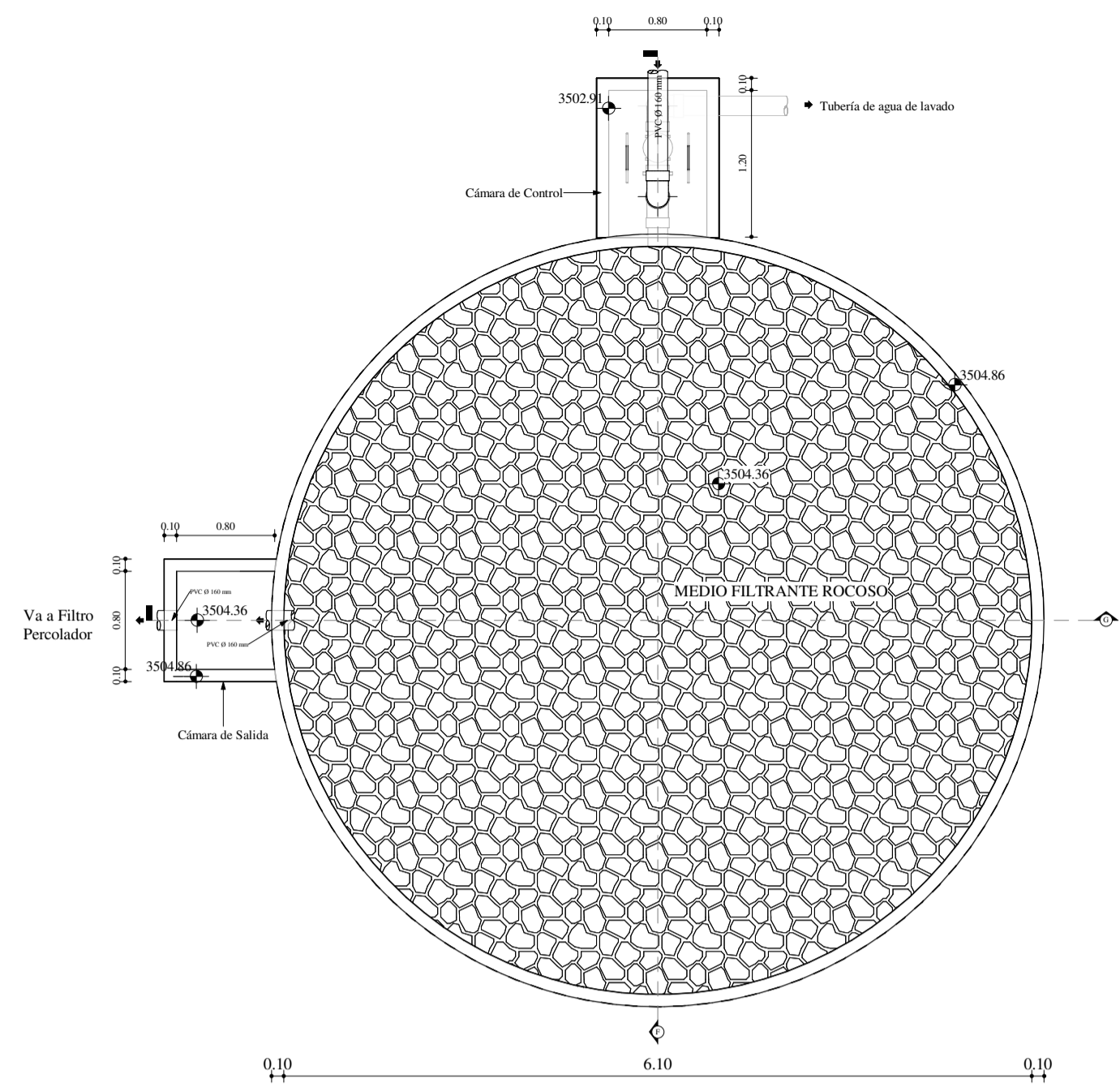
**PROYECTO:**  
"DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE VIDA DE LA COMUNIDAD EL SANTUARIO, PARROQUIA LA MATRIZ, CANTÓN QUERO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"

<b>CONTIENE:</b> IMPLANTACIÓN Y ELEVACIONES PTAR	<b>LÁMINA:</b> A1-11
<b>UBICACIÓN:</b> QUERO-TUNGURAHUA	<b>FECHA:</b> JULIO 2022
<b>ELABORADO POR:</b> Egdo. Luis Ricardo Moreta Telencana	<b>REVISADO POR:</b> Ing. Lenin Gabriel Silva Tipantasi
<b>APROBADO POR:</b>	<b>APROBADO POR:</b> Ing. Gale Wilfrido Nizer Aldas

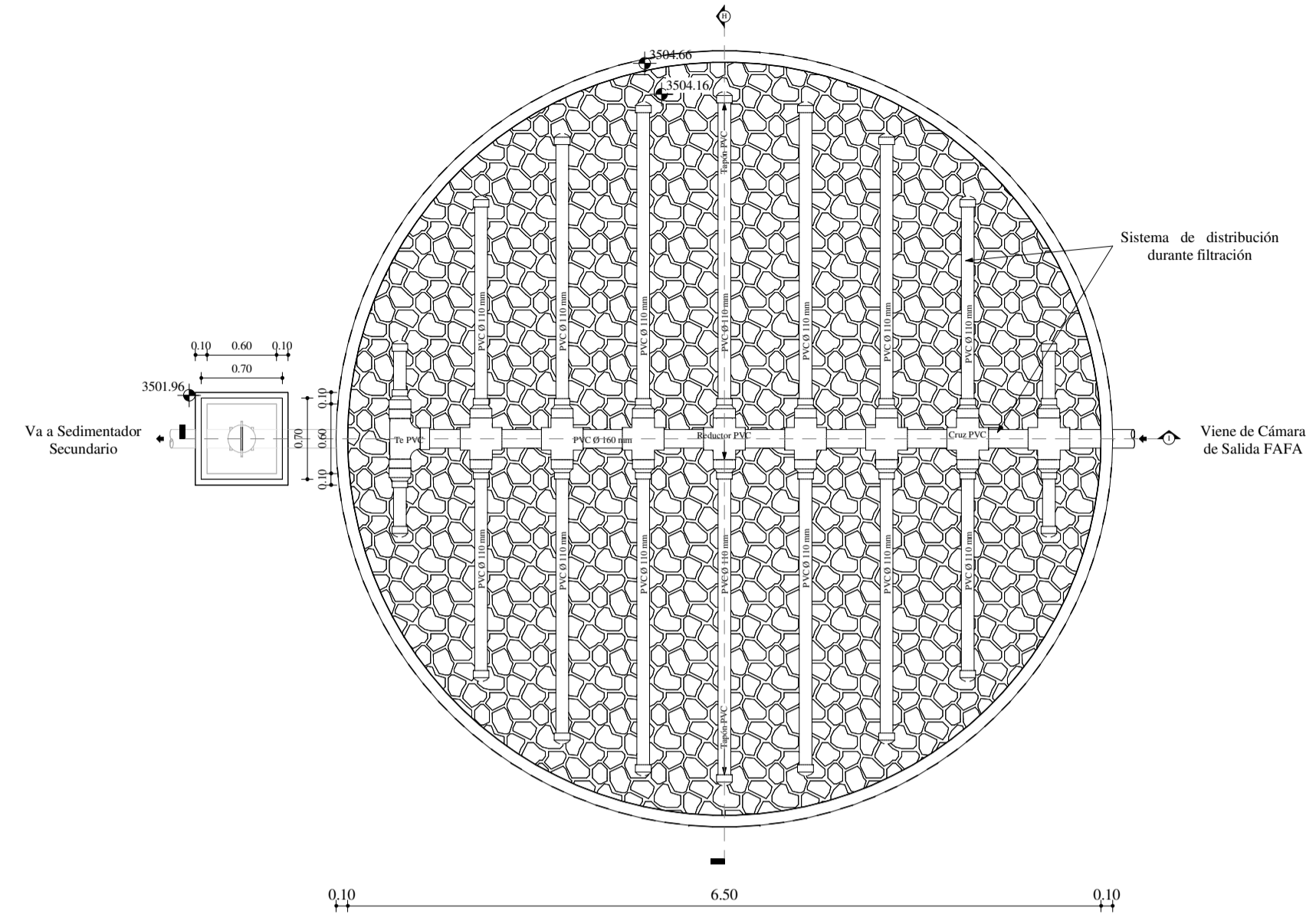




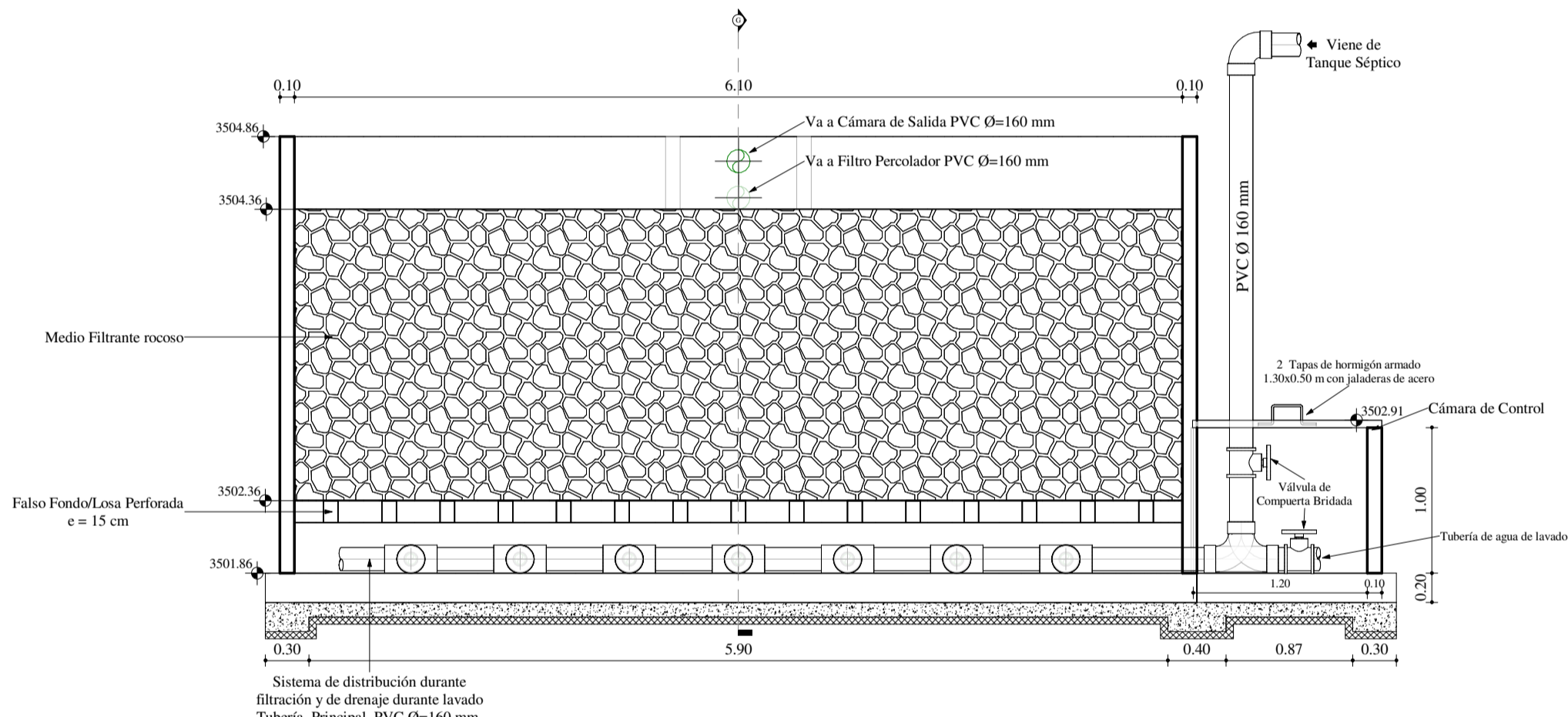




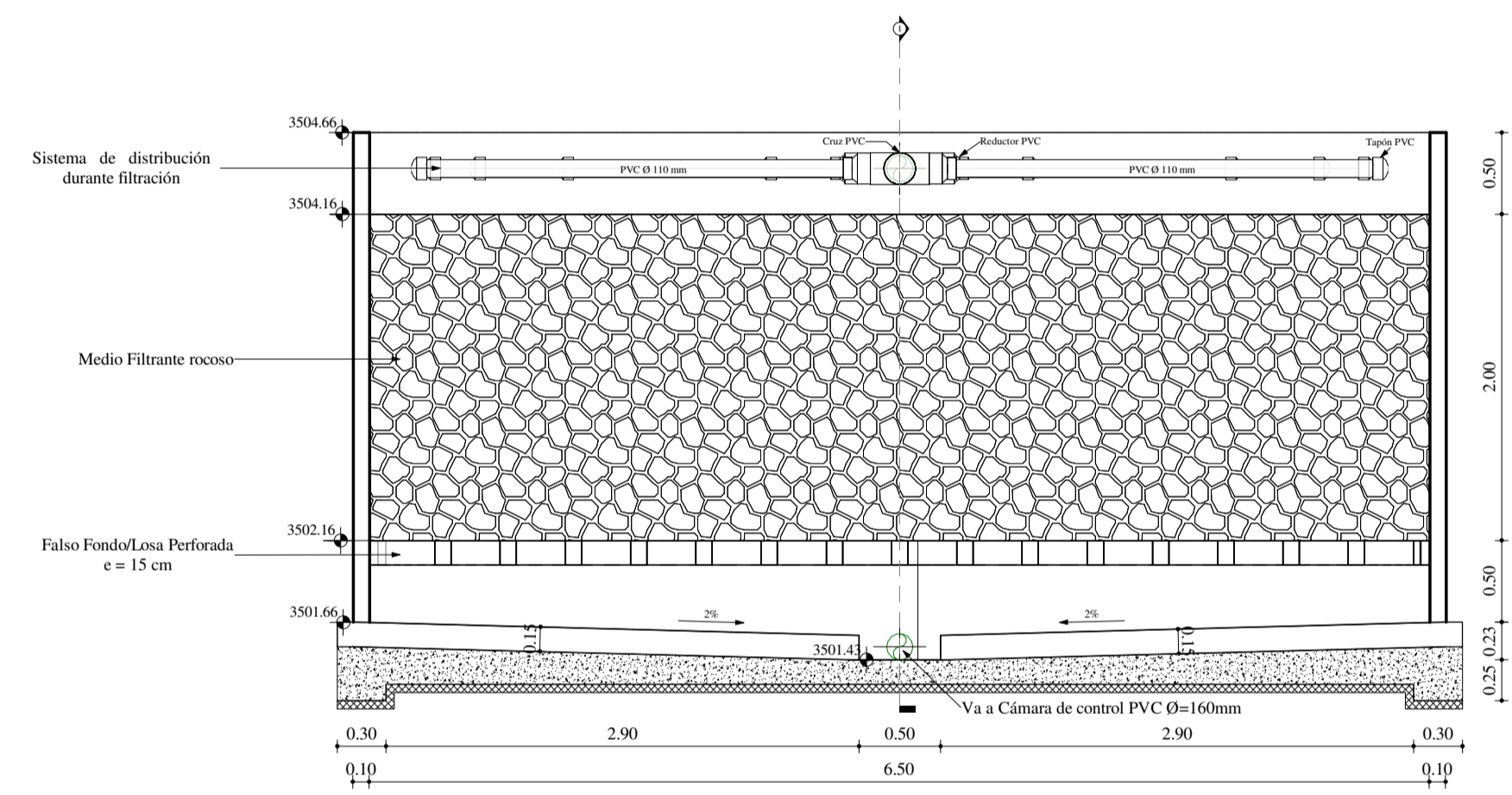
**PLANTA-FAFV**  
ESCALA 1:50



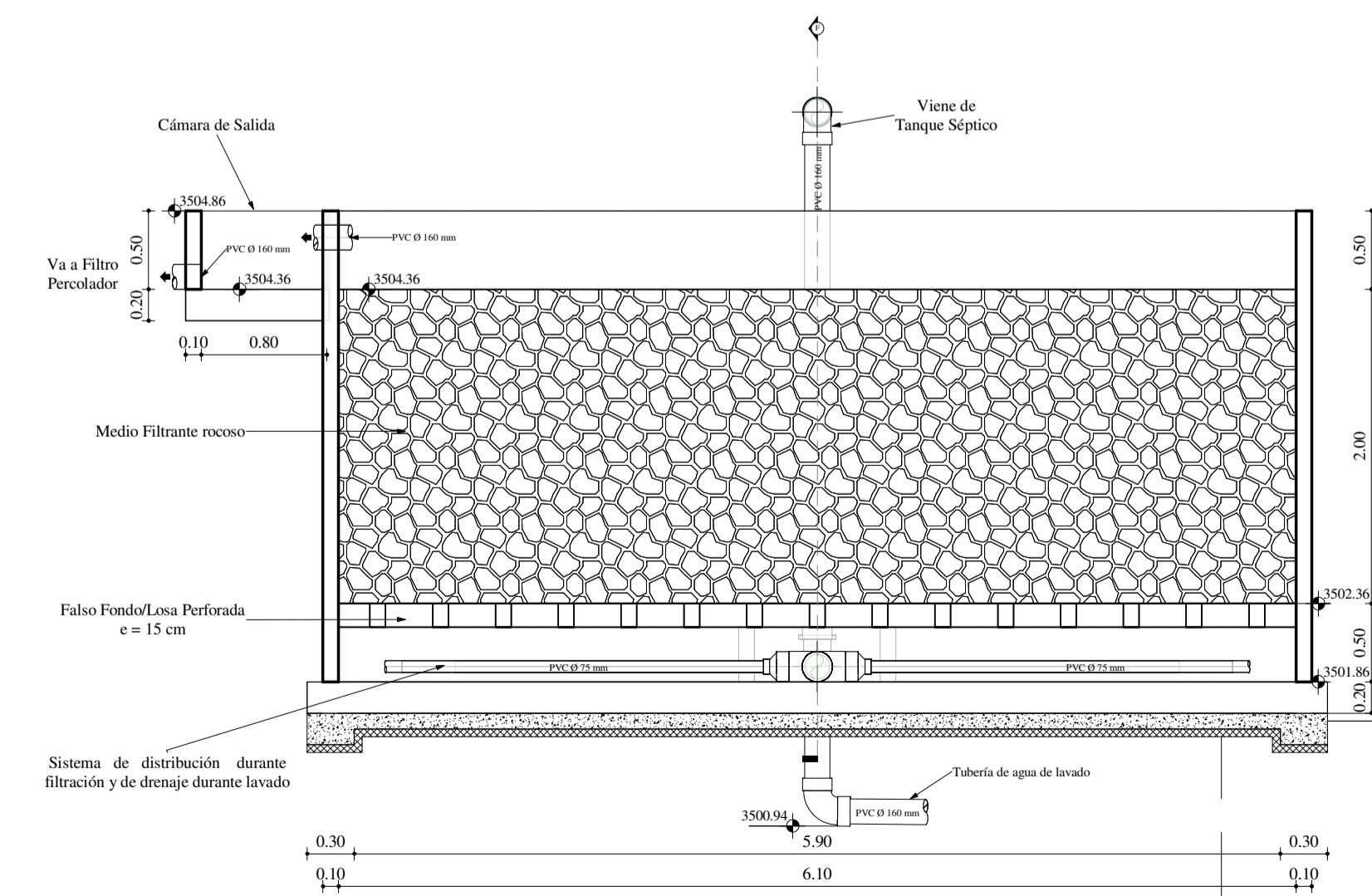
**PLANTA-FILTRO PERCOLADOR**  
ESCALA 1:50



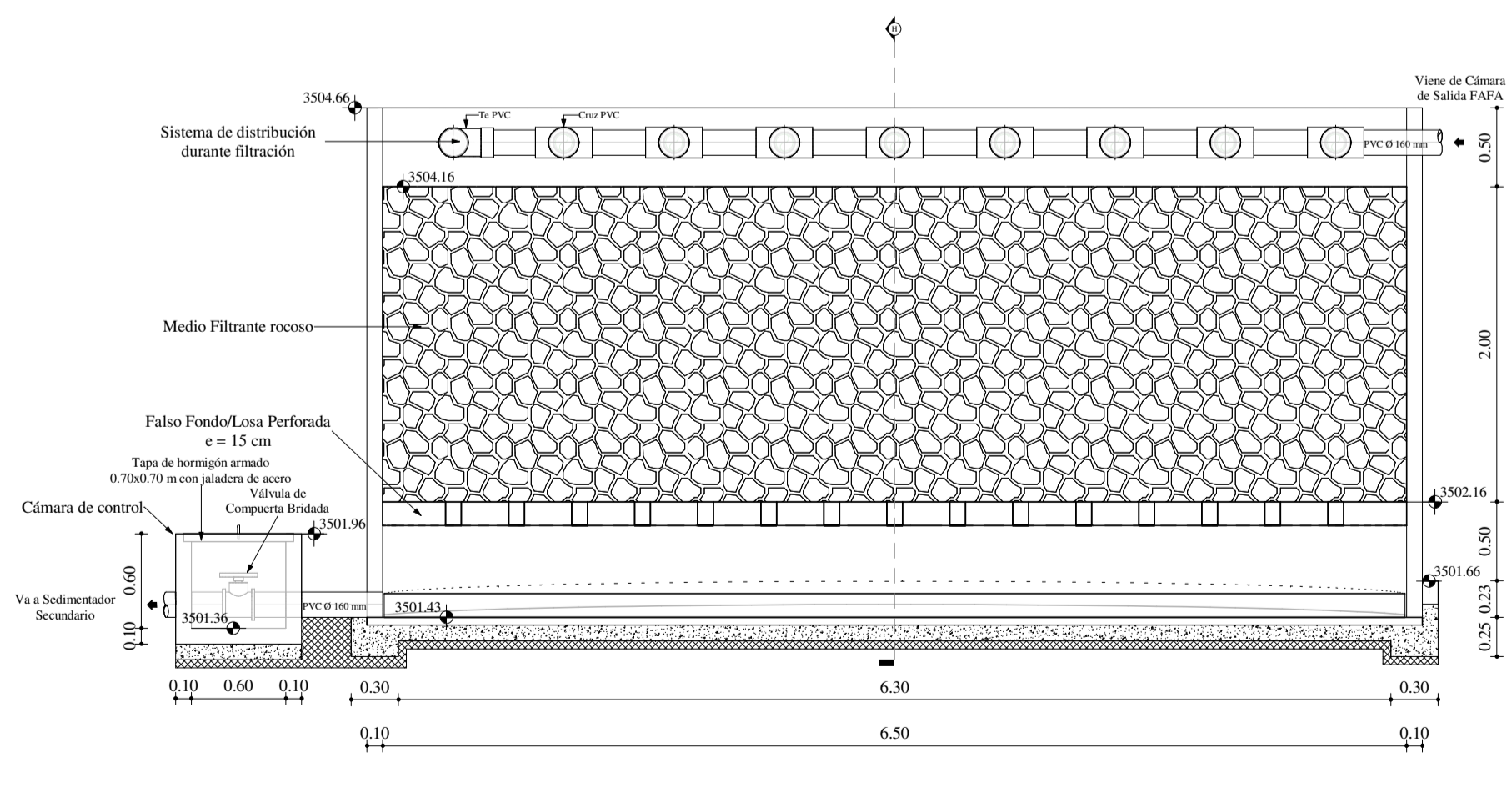
**CORTE LONGITUDINAL F-F**  
ESCALA 1:40



**CORTE LONGITUDINAL H-H**  
ESCALA 1:40

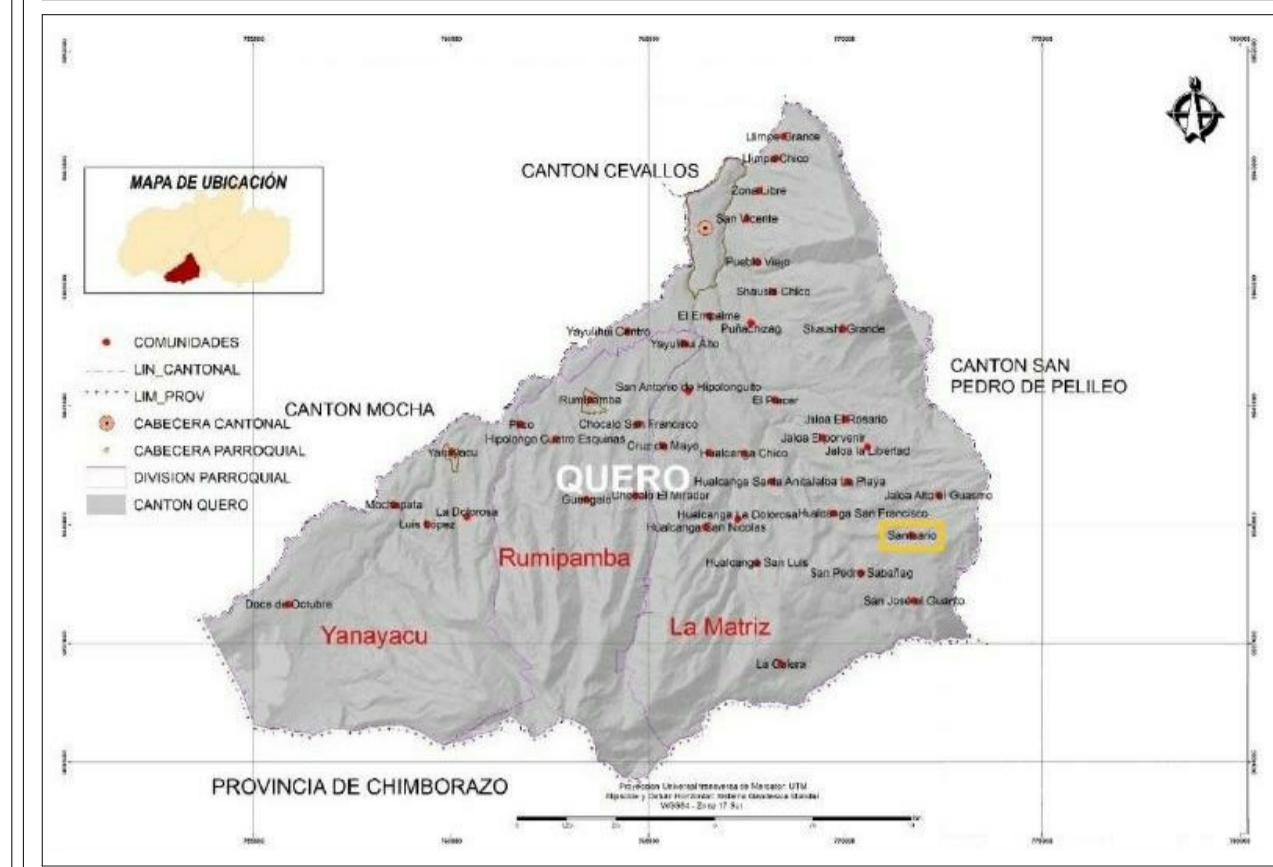


**CORTE LONGITUDINAL G-G**  
ESCALA 1:40



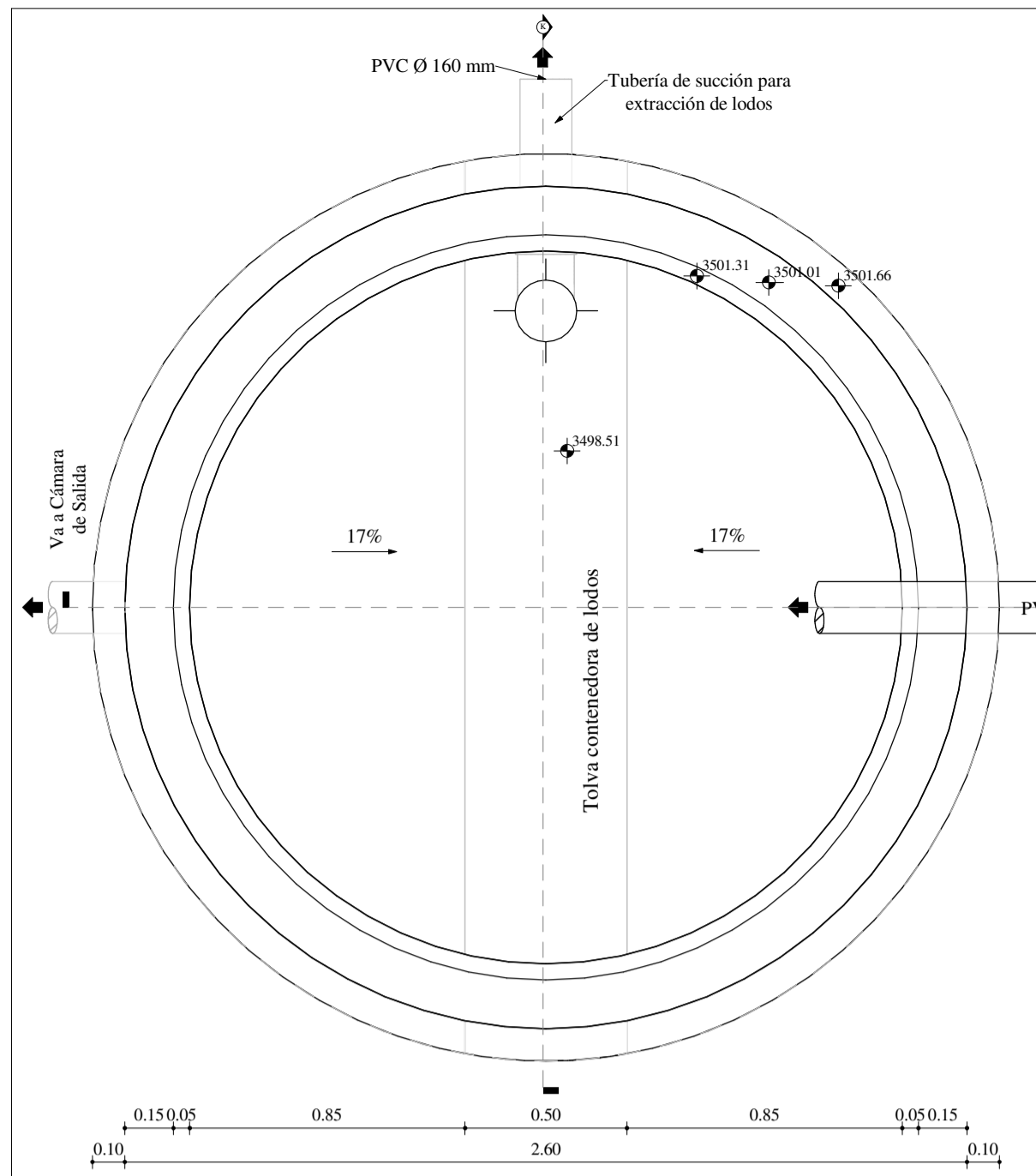
**CORTE LONGITUDINAL I-I**  
ESCALA 1:40

**UBICACIÓN DEL PROYECTO**

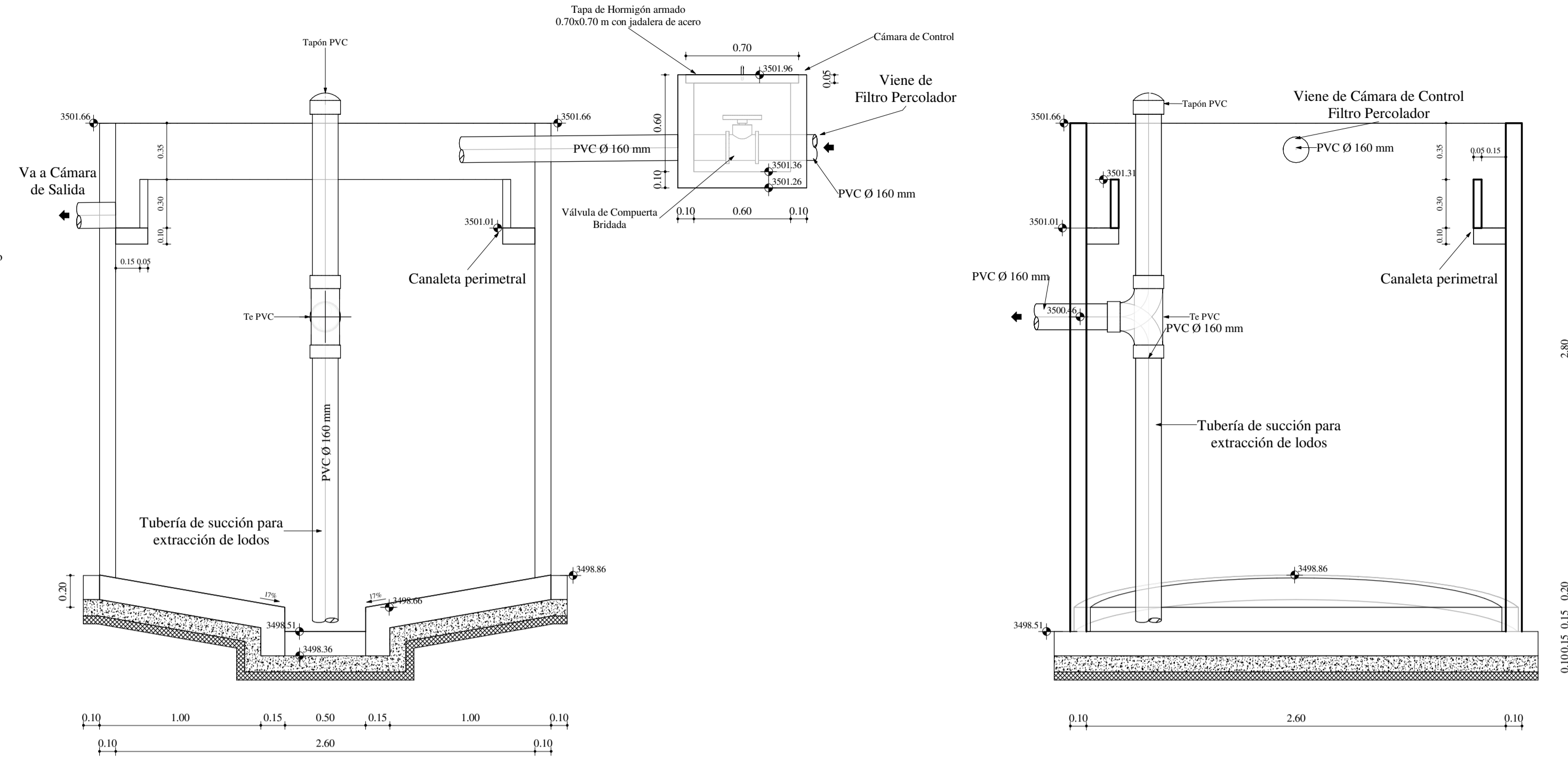


<p><b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</p>		
<p>PROYECTO: <b>"DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE VIDA DE LA COMUNIDAD EL SANTUARIO, PARROQUIA LA MATRIZ, CANTÓN QUERO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"</b></p>		
CONTIENE:	FILTRO ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE-FILTRO PERCOLADOR	LÁMINA: <b>A1-13</b>
UBICACIÓN:	QUERO-TUNGURAHUA	FECHA: JULIO 2022
ELABORADO POR:	Egdo. Luis Ricardo Moreta Telechana	ESCALA: INDICADAS
REVISADO POR:	Ing. Lenin Gabriel Silva Tipantasi	APROBADO POR:
		Ing. Gato Wálfido Nuñez Aldas



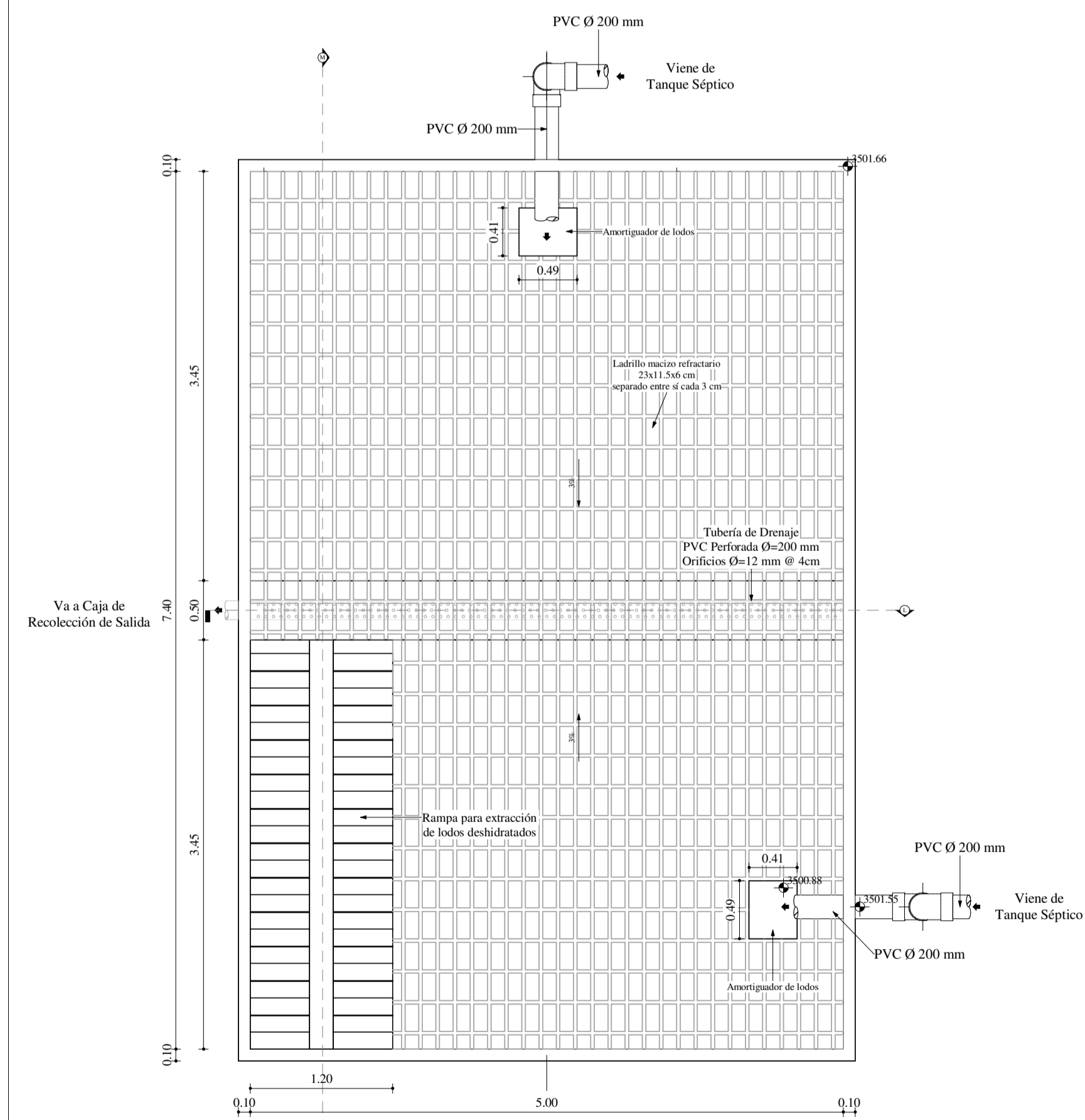


**PLANTA-SEDIMENTADOR SECUNDARIO**  
ESCALA 1:20

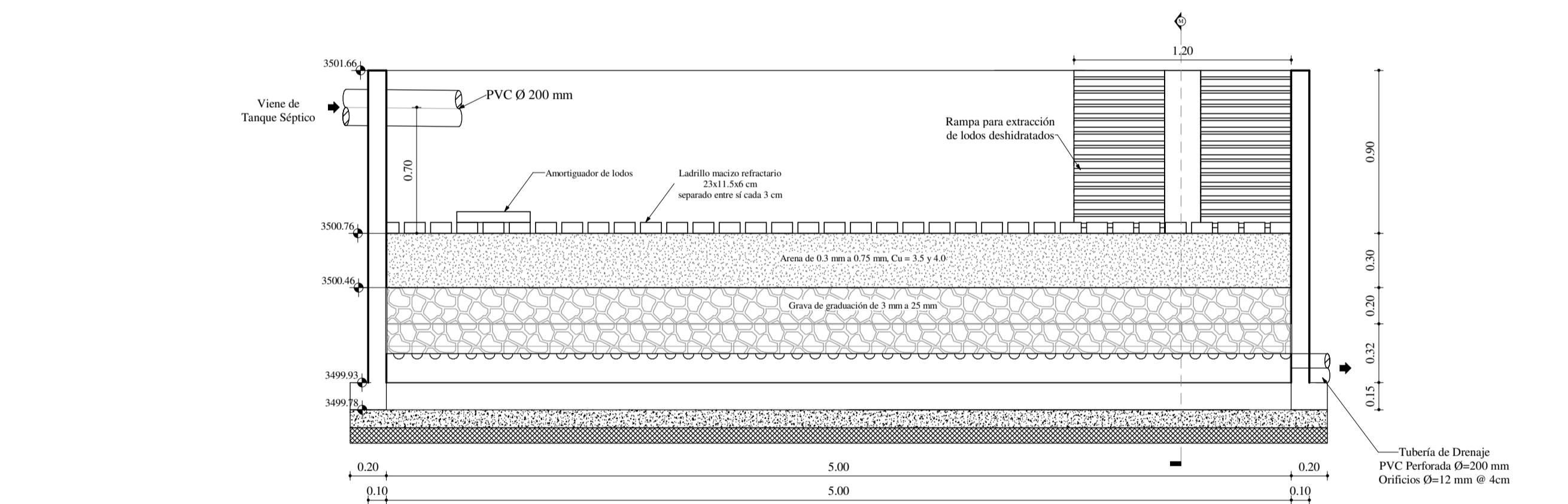


**CORTE LONGITUDINAL J-J'**  
ESCALA 1:25

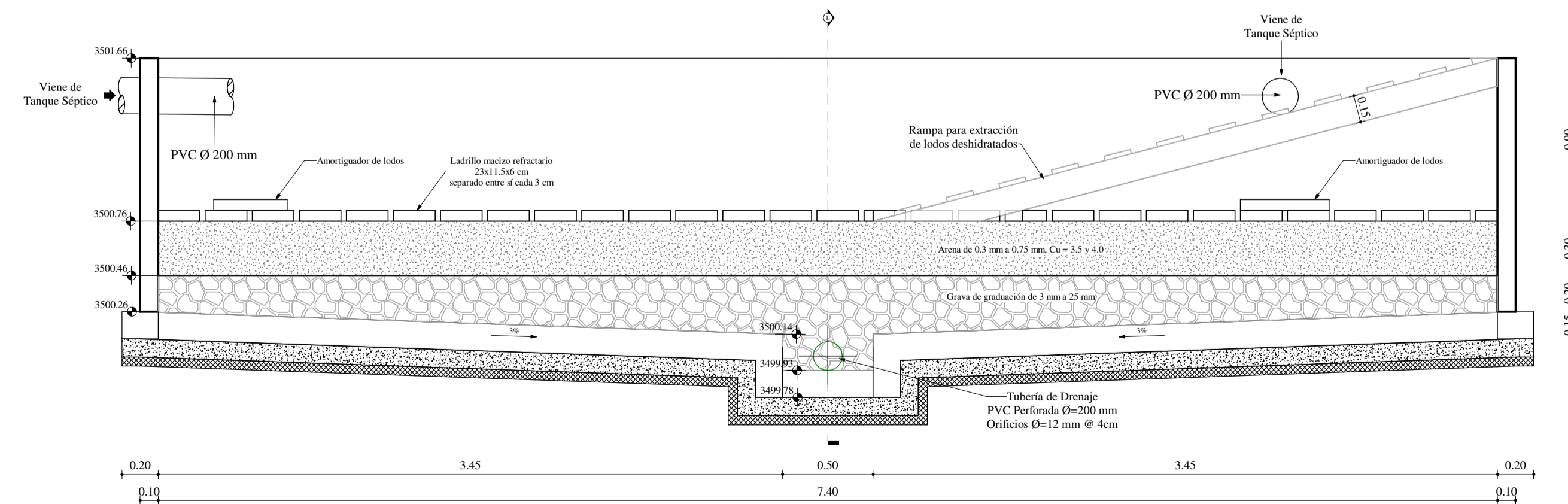
**CORTE LONGITUDINAL K-K'**  
ESCALA 1:25



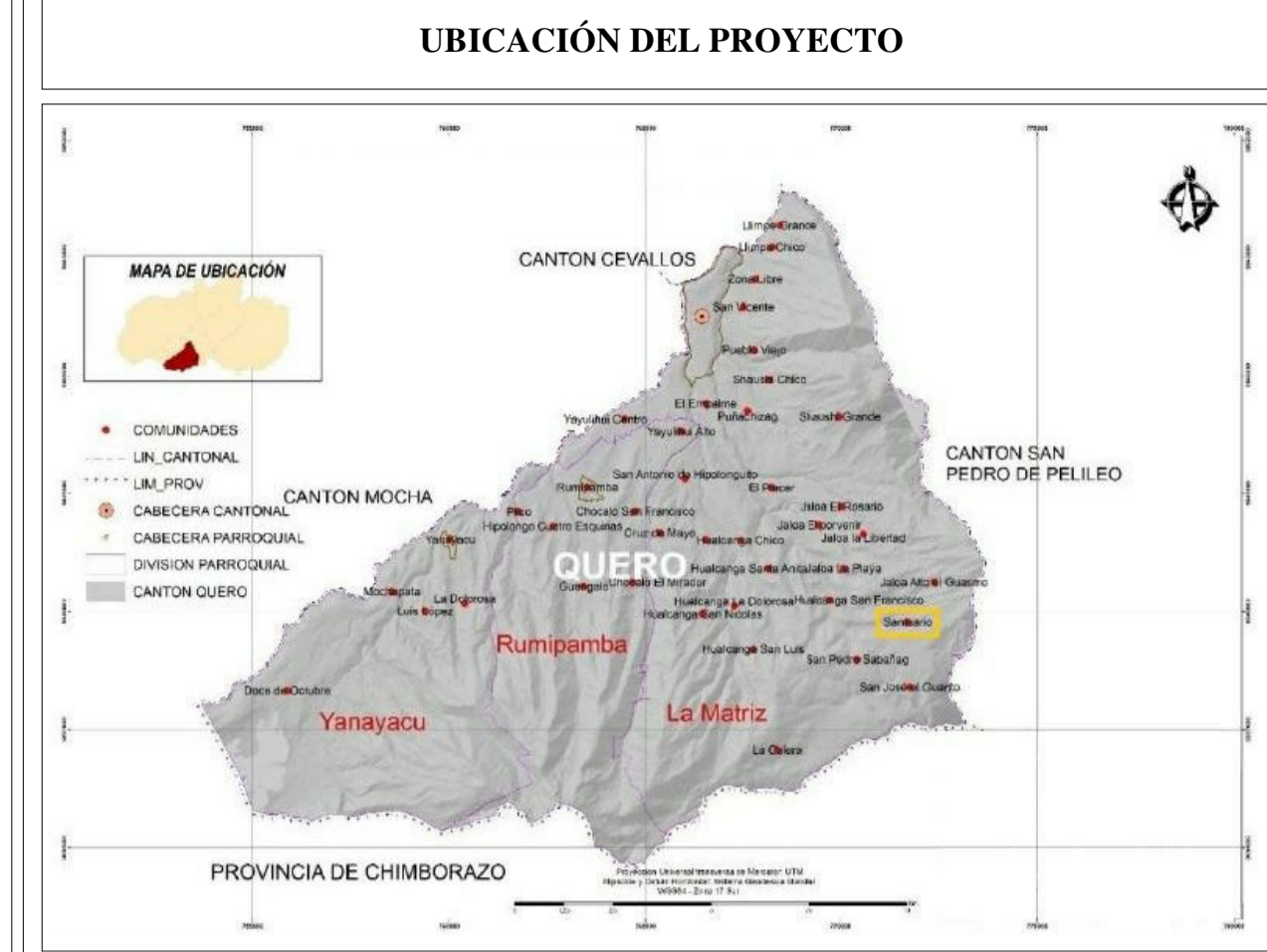
**PLANTA-LECHO DE SECADO DE LODOS**  
ESCALA 1:40



**CORTE LONGITUDINAL L-L'**  
ESCALA 1:25

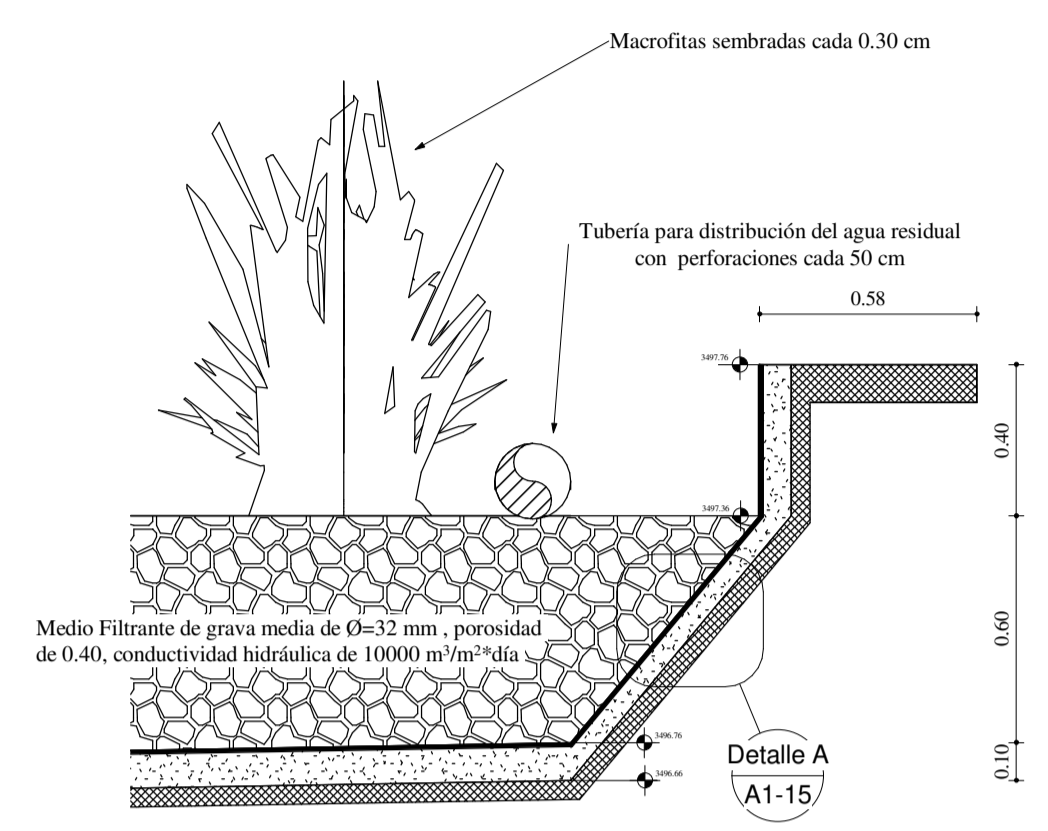
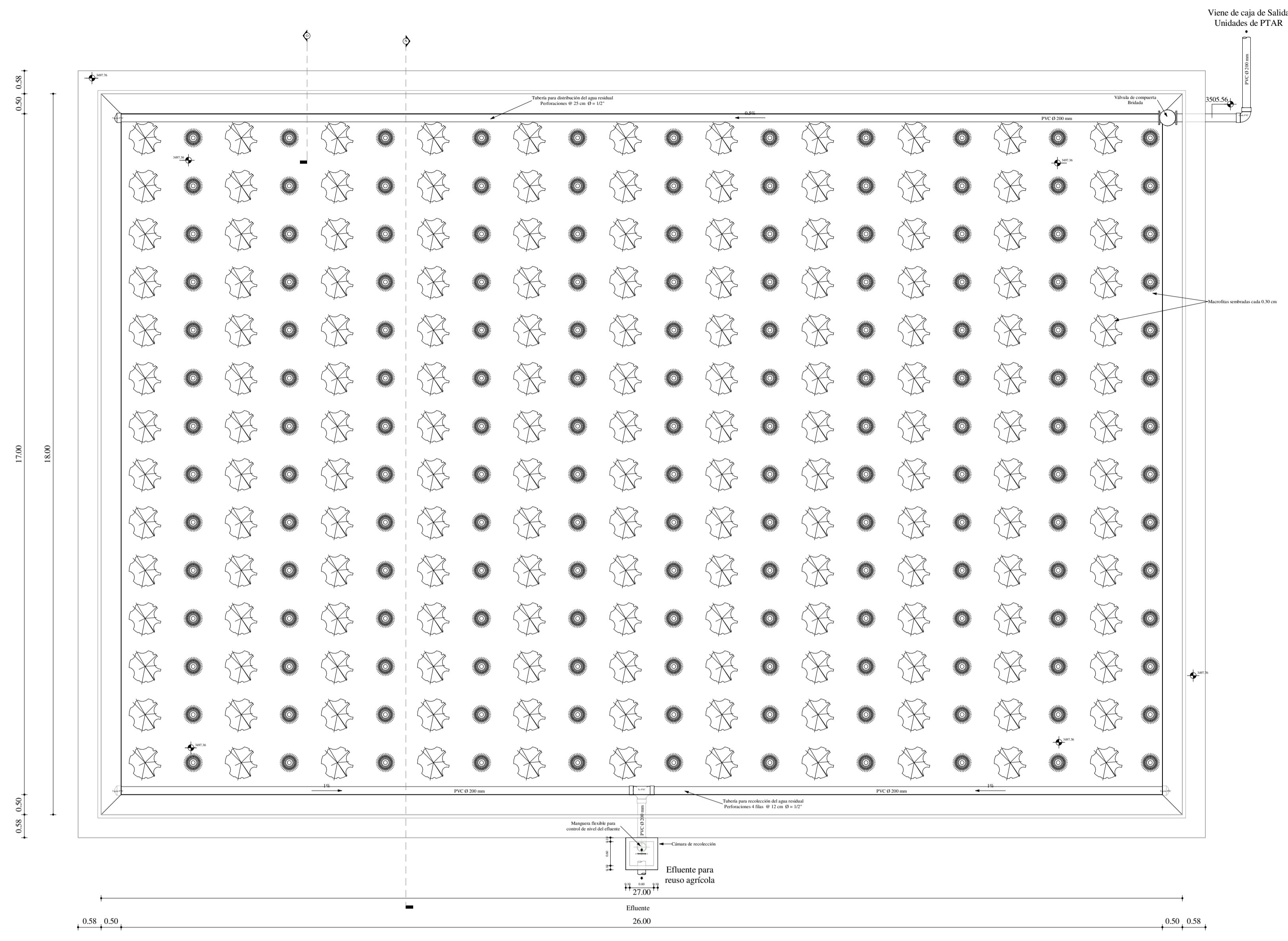


**CORTE LONGITUDINAL M-M'**  
ESCALA 1:25

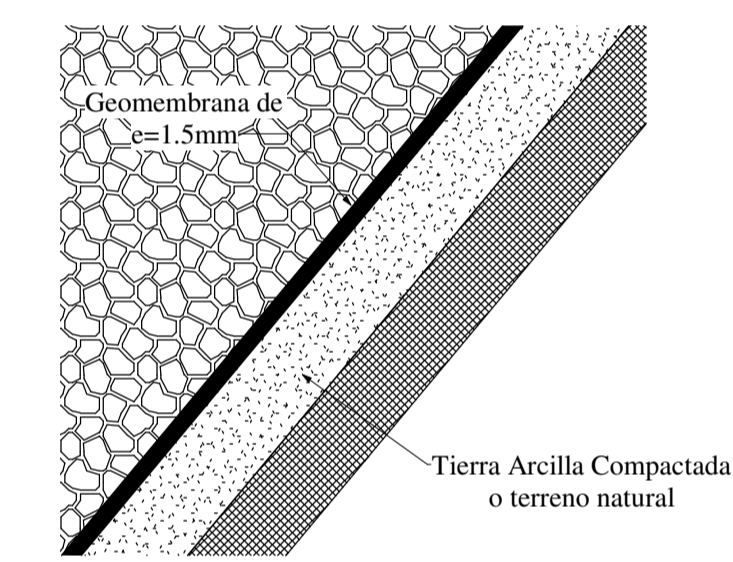


<p><b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</p>		
<p>PROYECTO: <b>"DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE VIDA DE LA COMUNIDAD EL SANTUARIO, PARROQUIA LA MATRIZ, CANTÓN QUERO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"</b></p>		
CONTIENE:	SEDIMENTADOR SECUNDARIO-LECHO DE SECADO DE LODOS	LÁMINA: <b>A1-14</b>
UBICACIÓN:	QUERO-TUNGURAHUA	FECHA: JULIO 2022
ELABORADO POR:	Egdo. Luis Ricardo Moreta Telechana	REVISADO POR:
		APROBADO POR:
		Ing. Gato Wálfido Nuñez Aldas



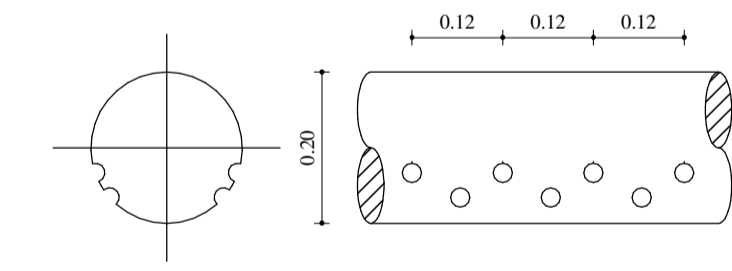


**CORTE O-O'**  
ESCALA 1 : 20

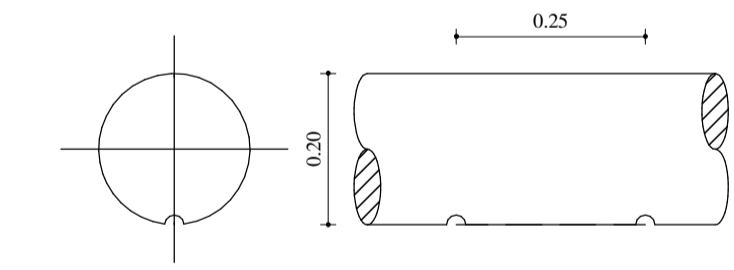


**DETALLE A**  
ESCALA 1 : 5

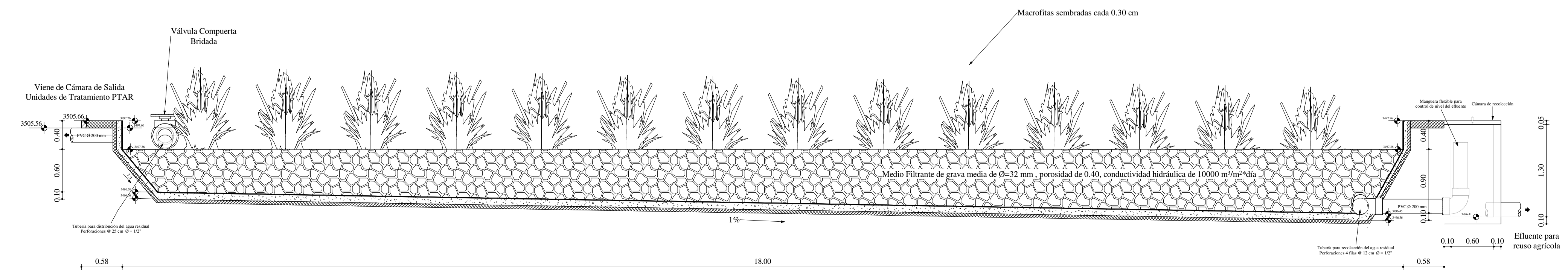
**PLANTA HUMEDAL ARTIFICIAL SUBSUPERFICIAL DE FLUJO HORIZONTAL**  
ESCALA 1 : 75



**DETALLE DE TUBERÍA DE RECOLECCIÓN**  
ESCALA 1 : 10

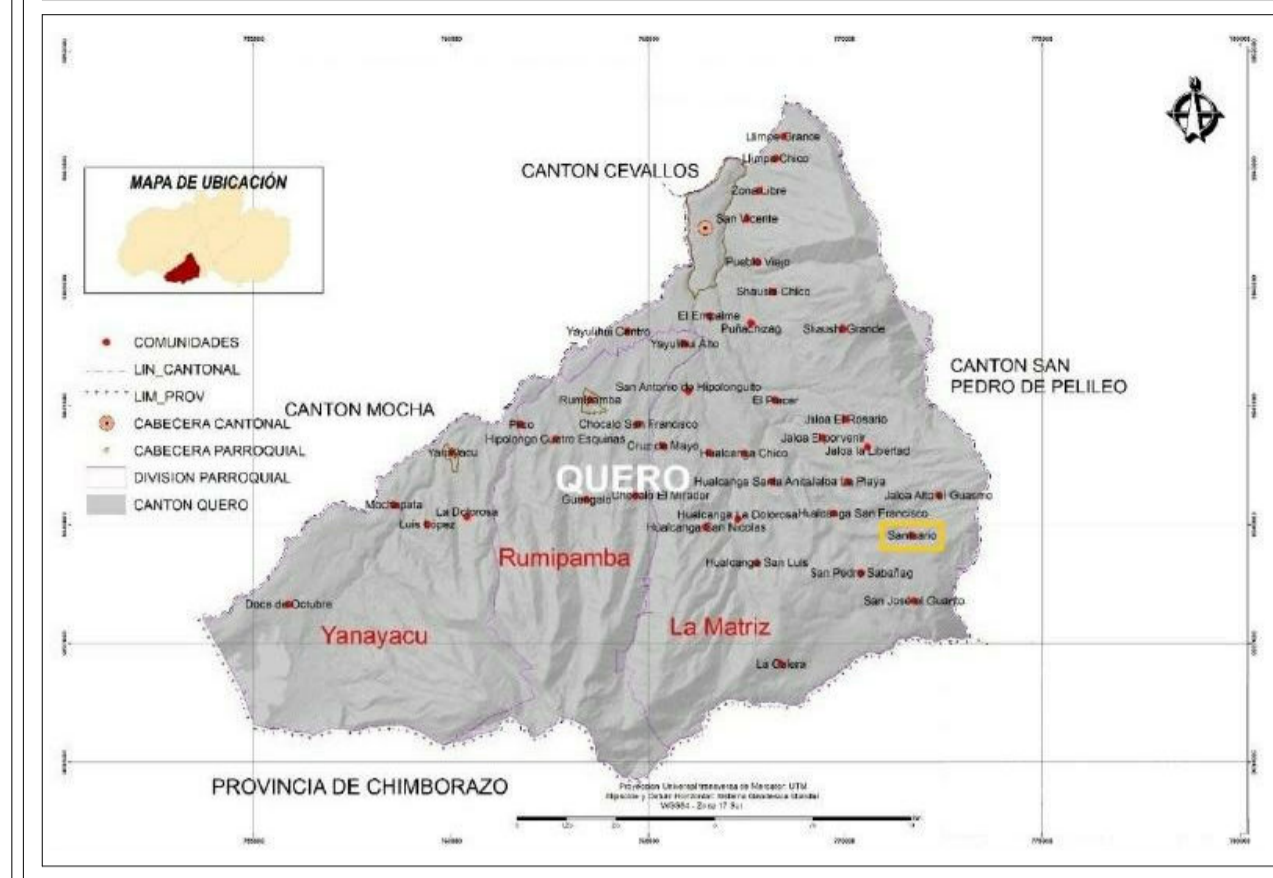


**DETALLE DE TUBERÍA DE DISTRIBUCIÓN**  
ESCALA 1 : 10



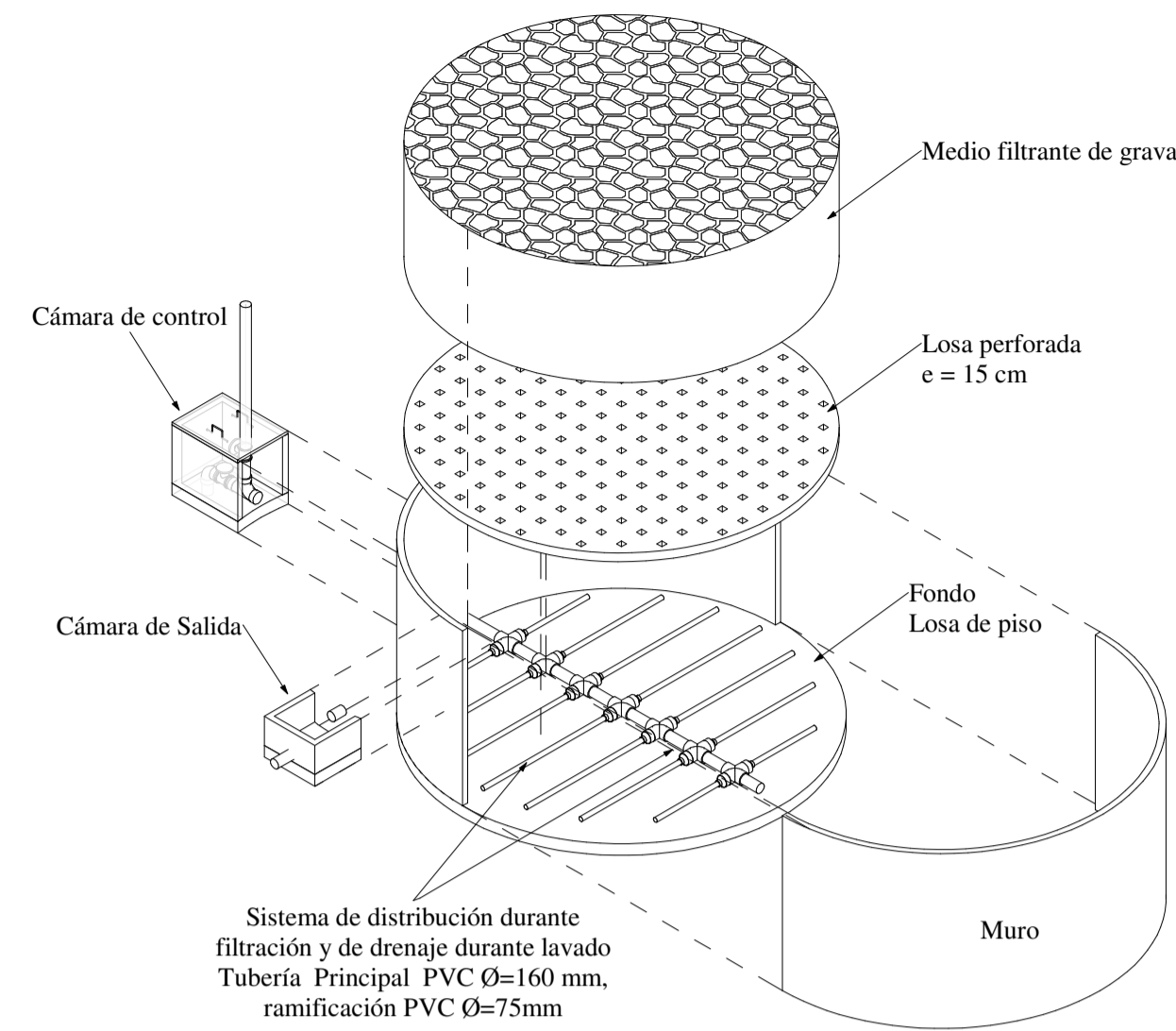
**CORTE LONGITUDINAL N-N'**  
ESCALA 1 : 40

**UBICACIÓN DEL PROYECTO**

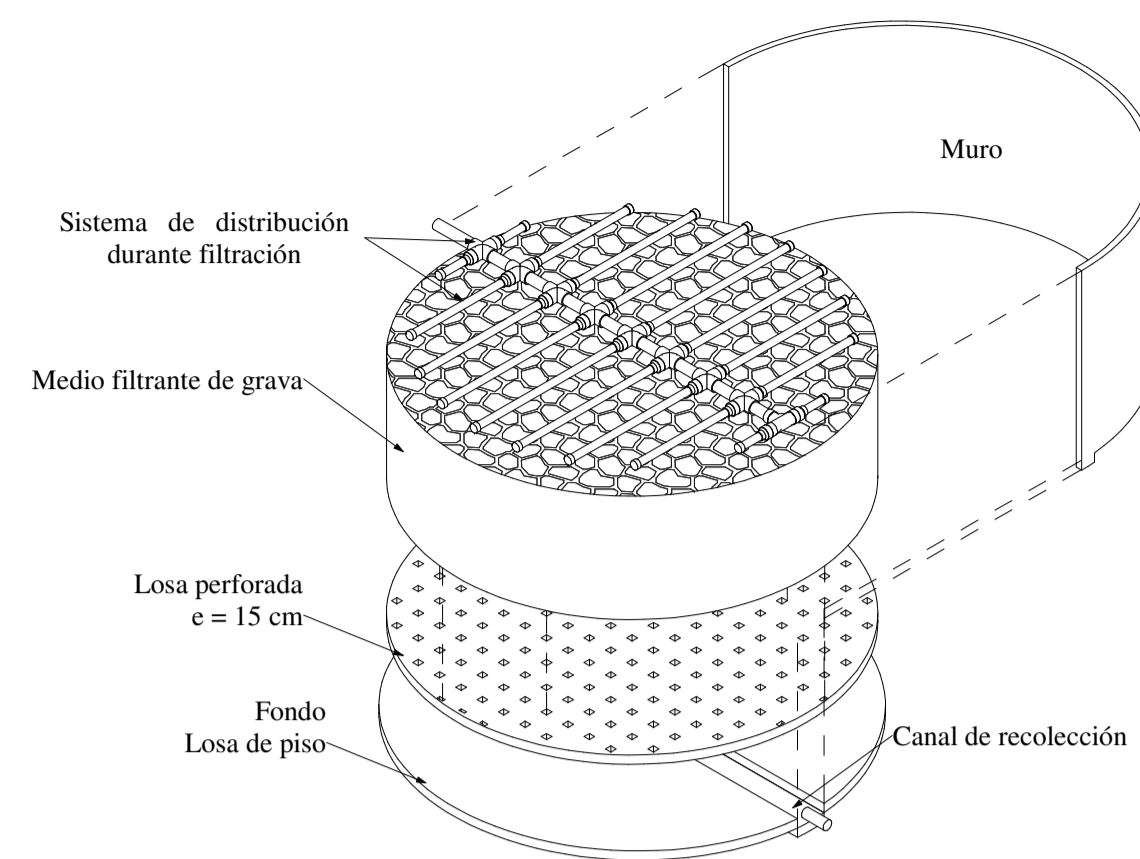


<p><b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</p>		
<p>PROYECTO: "DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE VIDA DE LA COMUNIDAD EL SANTUARIO, PARROQUIA LA MATRIZ, CANTÓN QUERO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"</p>		
CONTIENE:	HUMEDAL ARTIFICIAL SUBSUPERFICIAL DE FLUJO HORIZONTAL	LÁMINA: <b>A1-15</b>
UBICACIÓN:	QUERO-TUNGURAHUA	FECHA: JULIO 2022
ELABORADO POR:	Egdo. Luis Ricardo Moreta Telechana	ESCALA: INDICADAS
REVISADO POR:	Ing. Lenin Gabriel Silva Tipantais	APROBADO POR:
		Ing. Gato Wilfrido Nuñez Aldas

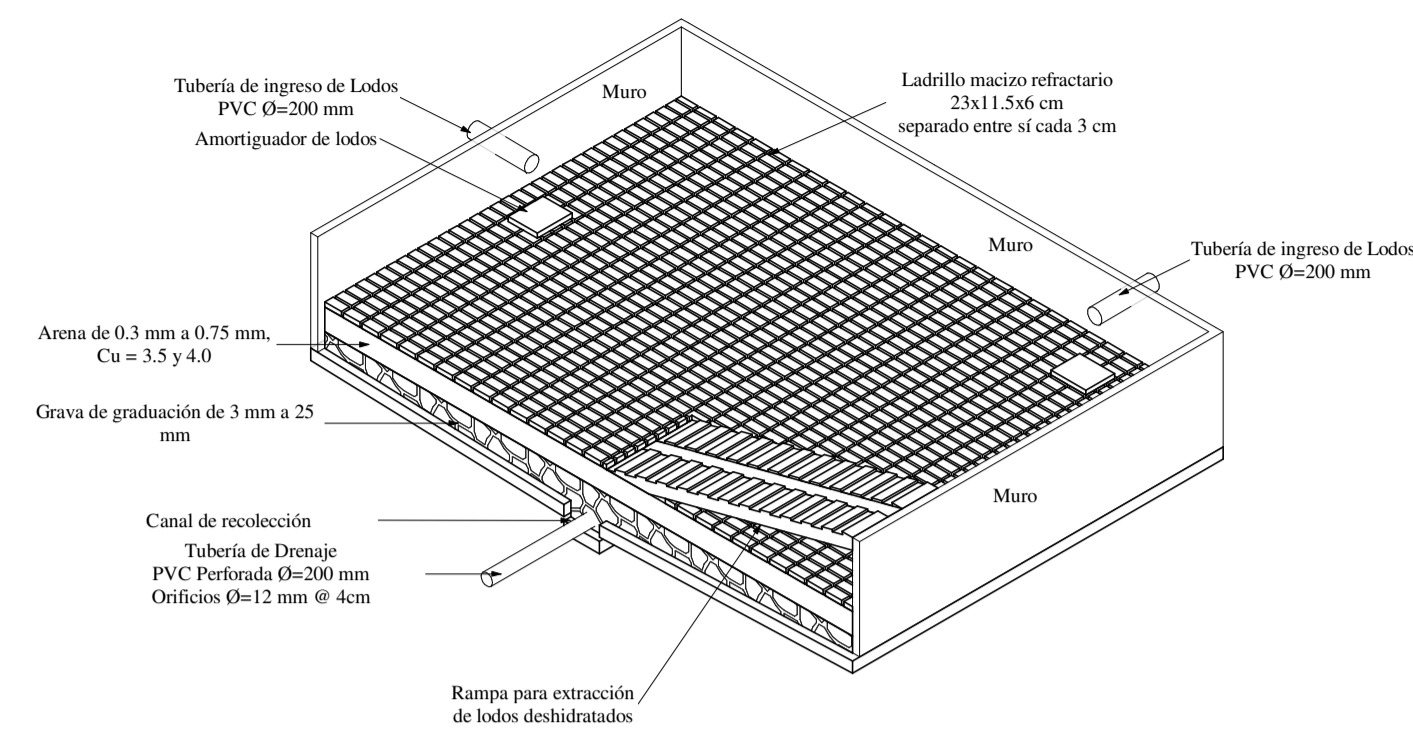




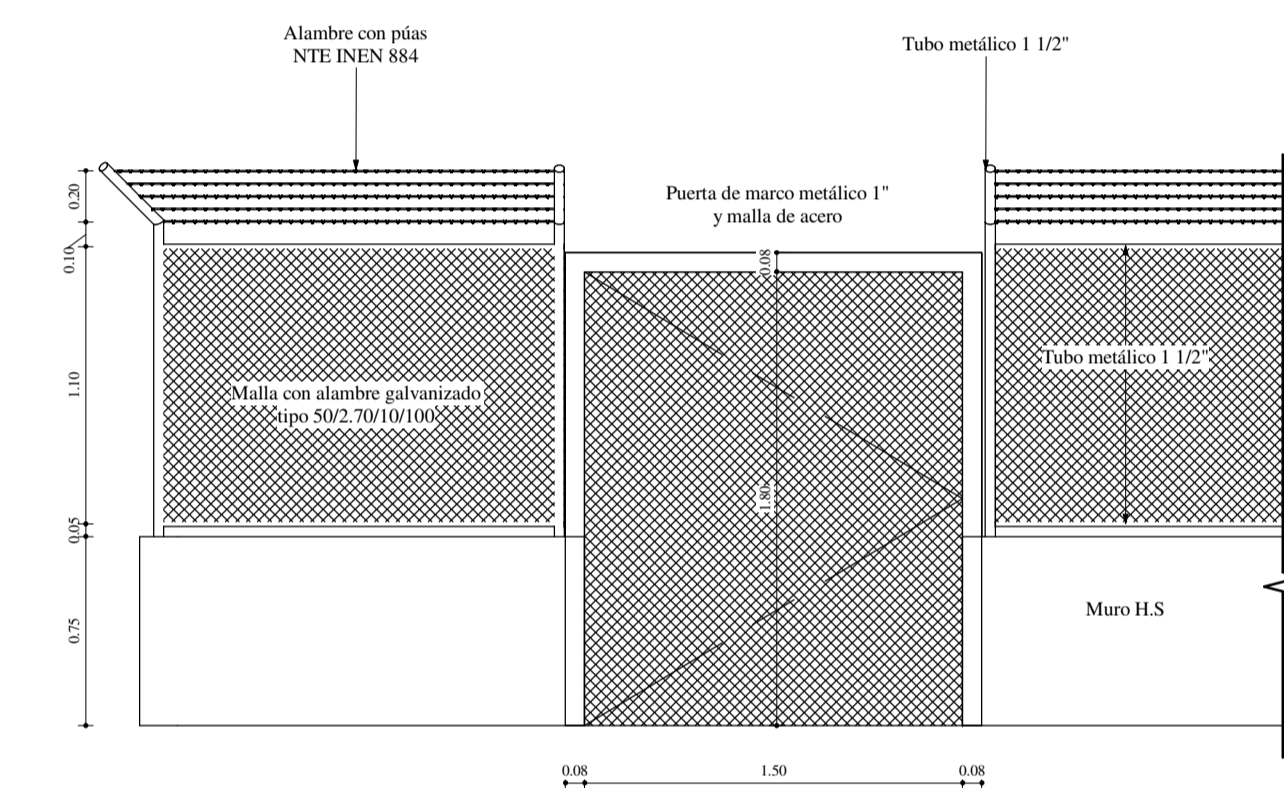
**ESQUEMA FAF**  
SIN ESCALA



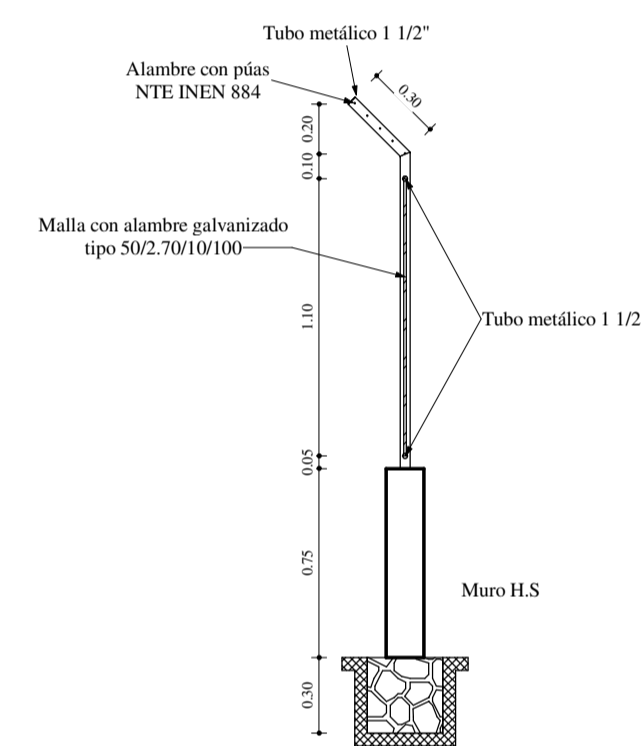
**ESQUEMA FILTRO PERCOLADOR**  
SIN ESCALA



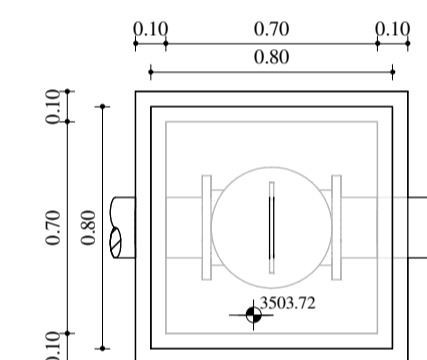
**ESQUEMA LECHO DE SECADO DE LODOS**  
SIN ESCALA



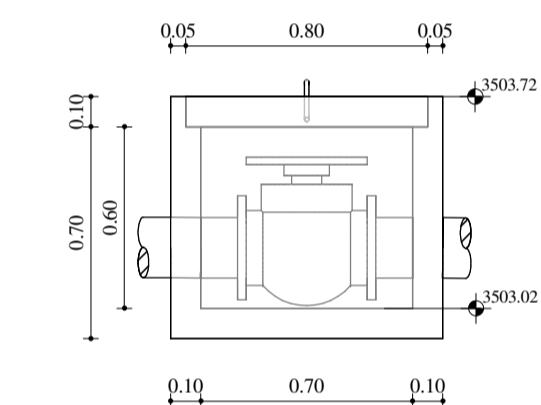
**CERRAMIENTO**  
ESCALA 1:30



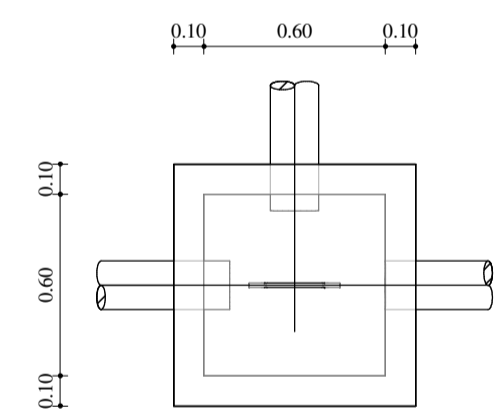
**CORTE P-P'**  
ESCALA 1:30



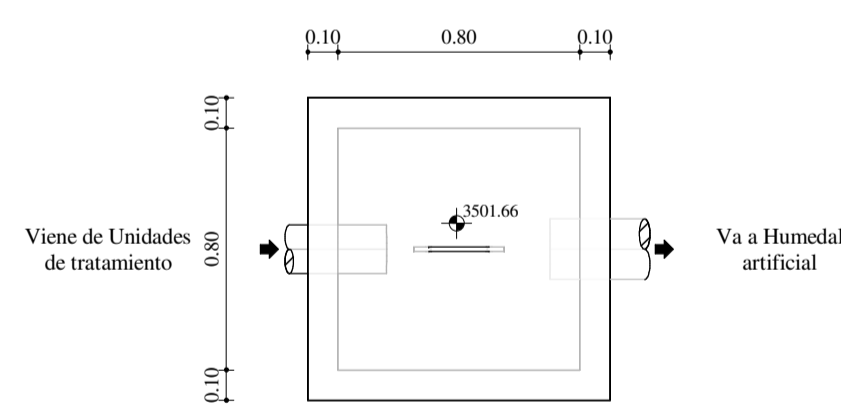
**PLANTA CÁMARA DE CONTROL-TANQUE SÉPTICO**  
ESCALA 1:25



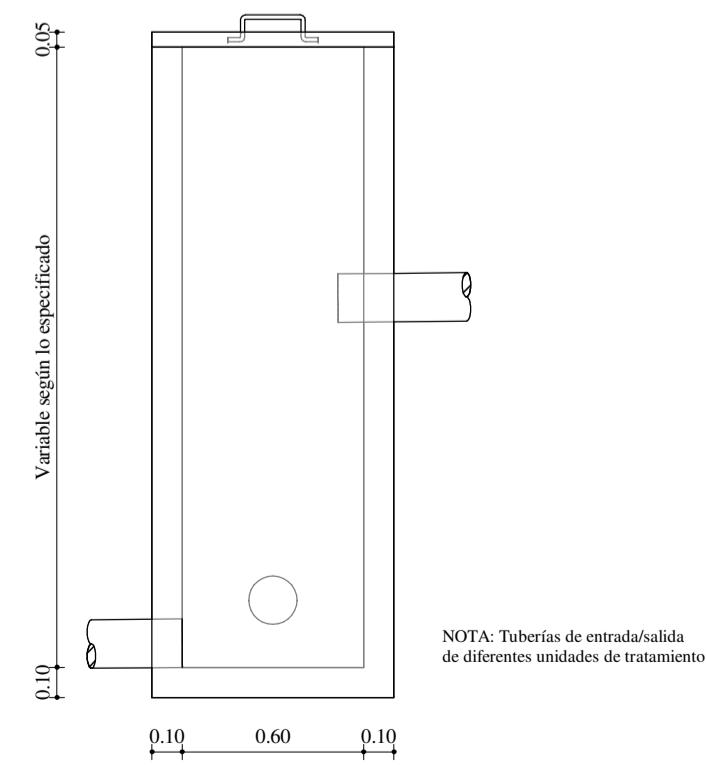
**ALZADO CÁMARA DE CONTROL-TANQUE SÉPTICO**  
ESCALA 1:25



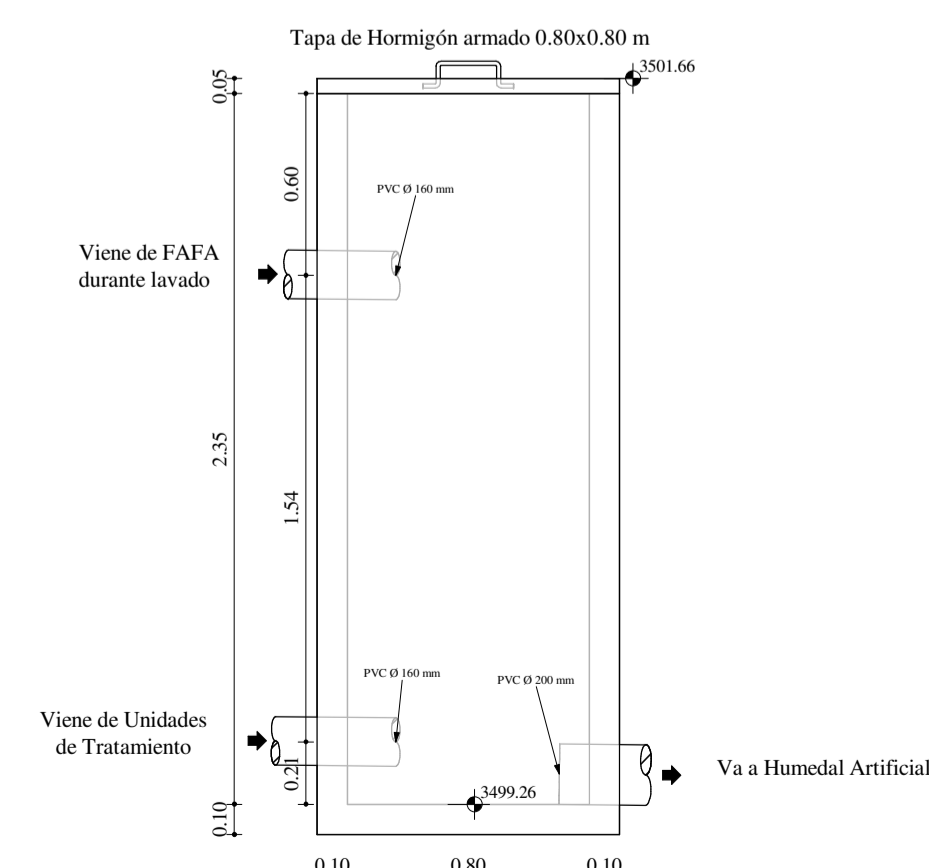
**PLANTA CÁMARA TÍPICA DE RECOLECCIÓN DE EFLUENTES DE UNIDADES**  
ESCALA 1:25



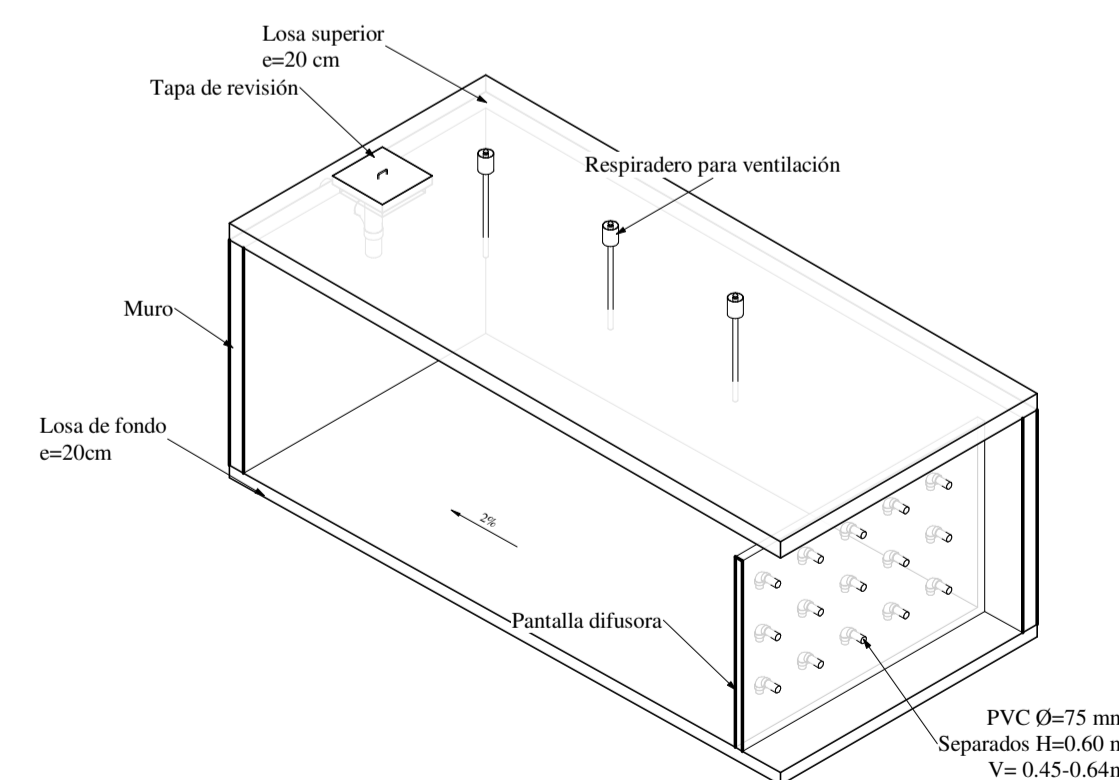
**PLANTA CÁMARA SE SALIDA HACIA HUMEDAL ARTIFICIAL**  
ESCALA 1:25



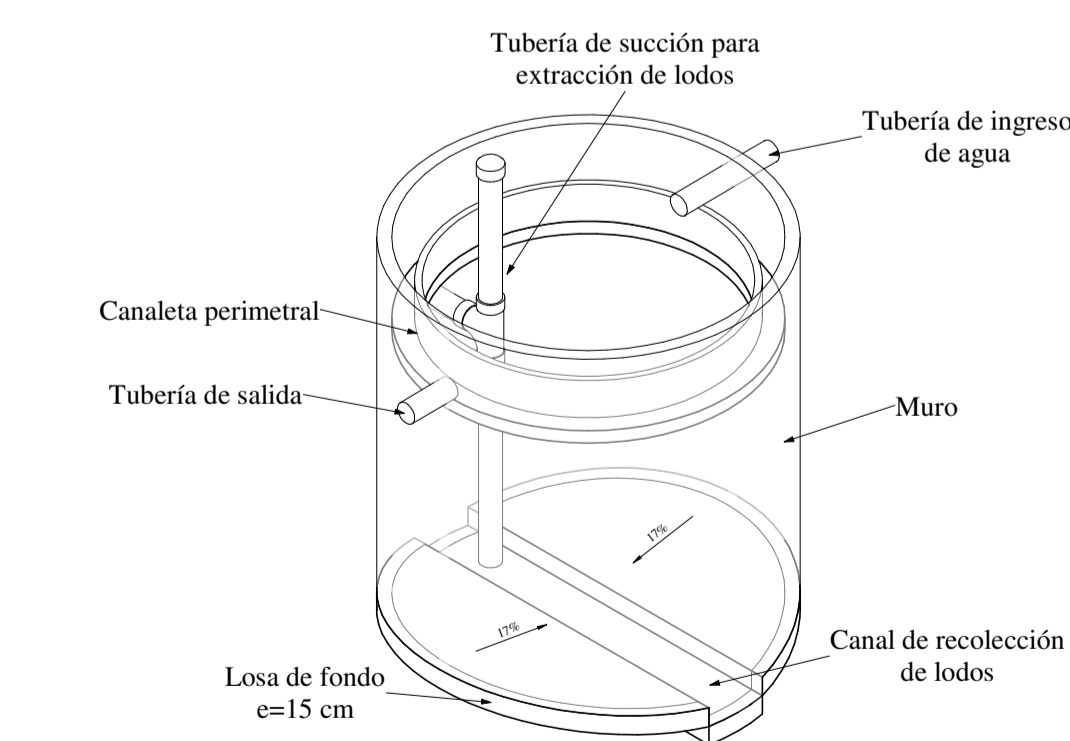
**ALZADO CÁMARA TÍPICA DE RECOLECCIÓN DE EFLUENTES DE UNIDADES**  
ESCALA 1:25



**ALZADO CÁMARA DE SALIDA HACIA HUMEDAL ARTIFICIAL**  
ESCALA 1:25



**ESQUEMA PANTALLA DIFUSORA TANQUE SÉPTICO**  
SIN ESCALA



**ESQUEMA SEDIMENTADOR SECUNDARIO**  
SIN ESCALA



<p><b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</p>		
<p>PROYECTO: "DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE VIDA DE LA COMUNIDAD EL SANTUARIO, PARROQUIA LA MATRIZ, CANTÓN QUERO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"</p>		
CONTIENE:	LÁMINA:	
CERRAMIENTO-ESQUEMAS Y DETALLES DE UNIDADES DE TRATAMIENTO	A1-16	
UBICACIÓN:	FECHA:	ESCALA:
QUERO-TUNGURAHUA	JULIO 2022	INDICADAS
ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Egdo. Luis Ricardo Moreta Telechana	Ing. Lenin Gabriel Silva Tipantasi	Ing. Gato Wilfrido Nuñez Aldas