



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

**TRABAJO EXPERIMENTAL**  
**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

**TEMA:**

---

**“EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR RELLENO SANITARIO DE LA PARROQUIA PRESIDENTE URBINA PERTENECIENTE AL CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**

---

**AUTOR:** Carlos Alberto Rengel Jiménez

**TUTOR:** Ing. Mg. Fabián Rodrigo Morales Fiallos

**AMBATO – ECUADOR**

**Marzo – 2023**

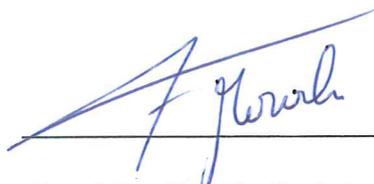
## CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutor del Trabajo Experimental, previo a la obtención de Título de Ingeniero Civil, con el tema: **“EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR RELLENO SANITARIO DE LA PARROQUIA PRESIDENTE URBINA PERTENECIENTE AL CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**, elaborado por el señor Carlos Alberto Rengel Jiménez, portador de la cédula de ciudadanía: C.I. 1105235590, estudiante de la Carrera de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

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

Ambato, marzo 2023



---

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

**TUTOR**

## **AUTORÍA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Yo, **Carlos Alberto Rengel Jiménez**, con C.I. 1105235590 declaro que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente Trabajo Experimental con el tema: **“EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR RELLENO SANITARIO DE LA PARROQUIA PRESIDENTE URBINA PERTENECIENTE AL CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**, así como también los análisis, gráficas, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autor del proyecto, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, marzo 2023



---

**Carlos Alberto Rengel Jiménez**

**C.I. 1105235590**

**AUTOR**

## **DERECHOS DE AUTOR**

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Trabajo Experimental 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 Trabajo Experimental, 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, marzo 2023



---

**Carlos Alberto Rengel Jiménez**

**C.I. 1105235590**

**AUTOR**

## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Trabajo Experimental, realizado por el estudiante Carlos Alberto Rengel Jiménez, de la Carrera de Ingeniería Civil bajo el Tema: **“EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR RELLENO SANITARIO DE LA PARROQUIA PRESIDENTE URBINA PERTENECIENTE AL CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**.

Ambato, marzo 2023

Para constancia firman:

---

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

---

**Ing. Mg. Lourdes Gabriela Peñafiel Valla**  
**MIEMBRO CALIFICADOR**

## **DEDICATORIA**

A mis padres Carlos Rengel (+) y Esperanza Jiménez, por la devoción y el apoyo que me brindaron al largo de mi vida estudiantil y por siempre confiar en mi

A mi hermana Katherine que fue la que estuvo conmigo apoyándome moral y económicamente siempre con una palabra de aliento para que logre ser ahora una persona de bien, a mi hermana Gretty que fue la que supo estar ahí dándome la mano cuando lo necesitaba, ellas han sido indispensables a lo largo de toda mi formación académica, porque gracias a sus consejos he superado cada contratiempo que se me ha presentado.

A mi sobrina Karlita por la alegría de poder verla crecer día a día.

Gracias por hacer de mí una persona que pueda contribuir con la sociedad, con valores y principios para afrontar los distintos desafíos de la vida.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a la Universidad Técnica de Ambato, en especial a la Carrera de Ingeniería Civil, por darme la oportunidad de obtener una profesión y ser una persona de utilidad dentro de la sociedad.

A mis profesores de la carrera de Ingeniería Civil quienes impartieron sus conocimientos para mi formación académica y de manera especial a mi tutor Ing. Fabian Morales quien aportó con su experiencia, la misma que sirvió de ayuda durante la realización del mi trabajo de titulación.

Finalmente, a mis compañeros de universidad con quienes compartí diversos momentos y varias horas de estudio, por la ayuda que siempre me brindaron para poder culminar esta etapa de mi vida.

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN.....	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR.....	iii
DERECHOS DE AUTOR.....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO .....	v
DEDICATORIA .....	vi
AGRADECIMIENTO .....	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xii
RESUMEN .....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
<b>CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. Antecedente Investigativos .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1.1. Antecedentes.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1.2. Hipótesis.....</b>	<b>8</b>
<b>1.2. Objetivos.....</b>	<b>9</b>
<b>1.1.1. Objetivo General .....</b>	<b>9</b>
<b>1.1.2. Objetivos Específicos .....</b>	<b>9</b>
<b>CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA.....</b>	<b>10</b>
<b>2.1. Materiales .....</b>	<b>10</b>
<b>2.2. Métodos.....</b>	<b>13</b>
<b>2.2.1. Plan de recolección de datos.....</b>	<b>20</b>
<b>CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>41</b>
<b>3.1. Análisis y discusión de los resultados.....</b>	<b>41</b>
<b>3.1.1. Levantamiento de información.....</b>	<b>41</b>
<b>3.1.2. Análisis de resultados de laboratorio .....</b>	<b>42</b>
<b>3.1.3. Diagnóstico técnico actual de la PTAR.....</b>	<b>44</b>
<b>3.1.3.1. Dimensiones de los componentes de la PTAR .....</b>	<b>45</b>
<b>3.1.3.2. Comparación en base a normas específicas .....</b>	<b>52</b>
<b>3.2. Verificación de hipótesis.....</b>	<b>67</b>
<b>3.3. Propuesta de mejora de la PTAR del sector Relleno Sanitario .....</b>	<b>68</b>
<b>3.3.1. Plan de mantenimiento y operación de los componentes hidráulicos de la PTAR del sector Relleno Sanitario .....</b>	<b>68</b>

. Comparación de la propuesta de rediseño de la PTAR del sector Relleno Sanitario con el actual estado de la misma.....	69
3.3.1.3. Medida 3: Mantenimiento del filtro anaerobio de flujo descendente .....	80
3.3.1.4 Medida 4: Mantenimiento del Cajón colector .....	81
3.3.1.5. Medida 5: Mantenimiento del Desarenador .....	81
3.3.1.6. Medida 6: Mantenimiento del tanque séptico .....	82
3.3.1.7. Medida 7: Mantenimiento del filtro anaerobio de flujo ascendente .....	82
3.3.1.8. Medida 8: Mantenimiento del lecho de secado de lodos.....	83
3.3.1.9 Medida 9: Labores de mantenimiento para el exterior.....	84
3.3.1.10. Medida 10: Pintura e impermeabilización de los componentes .....	84
3.3.1.11. Medida 11: Señalética de la PTAR.....	85
3.3.1.12. Medida 12: Análisis Físico – Químico .....	85
3.4. Presupuesto.....	86
<b>CAPÍTULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>88</b>
4.1. Conclusiones .....	88
4.2. Recomendaciones .....	89
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>90</b>
<b>ANEXOS 1.....</b>	<b>93</b>
<b>ANEXOS 2.....</b>	<b>95</b>
<b>ANEXO 3.....</b>	<b>120</b>
<b>PLANOS.....</b>	<b>121</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Equipos empleados en el levantamiento topográfico .....	10
<b>Tabla 2:</b> Materiales empleado en el levantamiento topográfico .....	11
<b>Tabla 3:</b> Materiales ocupados en la medición de caudales y recolección de las muestras de entrada y salida .....	12
<b>Tabla 4:</b> Equipo de seguridad .....	13
<b>Tabla 5:</b> Métodos empleados en el cumplimiento del primer objetivo específico.....	14
<b>Tabla 6:</b> Metodología que se ocupó para el desarrollo del segundo objetivo específico .....	15
<b>Tabla 7:</b> Metodología que se empleó en el desarrollo del tercer objetivo específico .....	15
<b>Tabla 8:</b> Metodología que se ocupó para el desarrollo del cuarto objetivo específico .....	15
<b>Tabla 9:</b> Parámetros analizados en la muestra de agua residual. ....	19
<b>Tabla 10.</b> Caudales de ingreso de la PTAR en lt/seg - semana 1 .....	24
<b>Tabla 11.</b> Caudales de ingreso de la PTAR en lt/seg - semana 2 .....	24
<b>Tabla 12.</b> Caudales de ingreso de la PTAR en lt/seg - semana 3 .....	25
<b>Tabla 13.</b> Caudales de ingreso de la PTAR en lt/seg - semana 4 .....	25
<b>Tabla 14.</b> Caudales de ingreso de la PTAR en lt/seg - semana 5 .....	26
<b>Tabla 15:</b> Caudales de ingreso de la PTAR en lt/seg.....	26
<b>Tabla 16:</b> Estadística descriptiva caudales (lt/seg) lunes .....	27
<b>Tabla 17:</b> Estadística descriptiva caudales (lt/seg) martes .....	27
<b>Tabla 18:</b> Estadística descriptiva caudales (lt/seg) miércoles .....	27
<b>Tabla 19:</b> Estadística descriptiva caudales (lt/seg) jueves.....	27
<b>Tabla 20:</b> Estadística descriptiva caudales (lt/seg) viernes .....	28
<b>Tabla 21:</b> Estadística descriptiva caudales (lt/seg) sábado.....	28
<b>Tabla 22:</b> Estadística descriptiva caudales (lt/seg) domingo.....	28
<b>Tabla 23:</b> Resumen de medias diarias de caudales .....	28
<b>Tabla 24:</b> Estadística descriptiva-medición de caudales-PTAR Relleno Sanitario .....	29
<b>Tabla 25.</b> Caudales de salida de la PTAR en lt/seg - semana 1 .....	29
<b>Tabla 26.</b> Caudales de salida de la PTAR en lt/seg - semana 2 .....	30
<b>Tabla 27.</b> Caudales de salida de la PTAR en lt/seg - semana 3 .....	30
<b>Tabla 28.</b> Caudales de salida de la PTAR en lt/seg - semana 4 .....	31
<b>Tabla 29.</b> Caudales de salida de la PTAR en lt/seg - semana 5 .....	31
<b>Tabla 30:</b> Caudales de salida de la PTAR en lt/seg .....	32
<b>Tabla 31:</b> Estadística descriptiva caudales (lt/seg) lunes .....	32
<b>Tabla 32:</b> Estadística descriptiva caudales (lt/seg) martes .....	32
<b>Tabla 33:</b> Estadística descriptiva caudales (lt/seg) miércoles .....	33
<b>Tabla 34:</b> Estadística descriptiva caudales (lt/seg) jueves.....	33
<b>Tabla 35:</b> Estadística descriptiva caudales (lt/seg) viernes .....	33
<b>Tabla 36:</b> Estadística descriptiva caudales (lt/seg) sábado.....	33
<b>Tabla 37:</b> Estadística descriptiva caudales (lt/seg) domingo.....	34
<b>Tabla 38:</b> Resumen de medias diarias de caudales .....	34
<b>Tabla 39:</b> Estadística descriptiva-medición de caudales-PTAR Relleno Sanitario .....	34
<b>Tabla 40.</b> Resultados de Análisis del Agua Residual.....	43
<b>Tabla 41.</b> Porcentaje de eficiencia de remoción de parámetros físicos y químicos de la PTAR del sector Relleno Sanitario .....	43
<b>Tabla 42.</b> Dimensiones del cajón repartidor .....	45
<b>Tabla 43.</b> Dimensiones del Desarenador.....	46
<b>Tabla 44.</b> Dimensiones del tanque séptico.....	47

<b>Tabla 45.</b> Dimensiones del filtro anaerobio de flujo ascendente .....	49
<b>Tabla 46.</b> Dimensiones del lecho de secado de lodos .....	51
<b>Tabla 47.</b> Valores del coeficiente "a" .....	55
<b>Tabla 48.</b> Comparación de parámetros de diseño y valores actuales - Desarenador.....	57
<b>Tabla 49.</b> Niveles de servicio para sistemas de abastecimiento de agua, disposición de excretas y residuos líquidos. ....	58
<b>Tabla 50.</b> Dotaciones de agua para los diferentes niveles de servicio. ....	58
<b>Tabla 51.</b> Comparación de parámetros de diseño y valores actuales - Tanque séptico .....	60
<b>Tabla 52.</b> Comparación de valores calculados reales y parámetros establecidos para FAFA .....	64
<b>Tabla 53.</b> Tiempo requerido para digestión de lodos manual OPS .....	66
<b>Tabla 54.</b> Comparación de parámetros de diseño y valores actuales - Lecho de secado de lodos.....	67
<b>Tabla 55.</b> Funcionamiento actual de todos los componentes de la PTAR. ....	68
<b>Tabla 56.</b> Datos estadísticos de la población Píllaro INEC.....	71
<b>Tabla 57.</b> Tasa de crecimiento (r) .....	71
<b>Tabla 58.</b> Tasa de crecimiento poblacional.....	72
<b>Tabla 59.</b> Valores de Infiltración. ....	74
<b>Tabla 60.</b> Dimensiones propuestas del filtro descendente. ....	78
<b>Tabla 61.</b> Cuadro de actividades del diseño del filtro descendente .....	78
<b>Tabla 62.</b> Cuadro de construcción de cubierta de lecho de secado .....	80
<b>Tabla 63.</b> Cuadro de operación y mantenimiento - Filtro descendente.....	80
<b>Tabla 64.</b> Cuadro de operación y mantenimiento - Cajón Colector.....	81
<b>Tabla 65.</b> Cuadro de operación y mantenimiento - Desarenador.....	81
<b>Tabla 66.</b> Cuadro de operación y mantenimiento - Tanque Séptico .....	82
<b>Tabla 67.</b> Cuadro de operación y mantenimiento - Filtro ascendente.....	83
<b>Tabla 68.</b> Cuadro de operación y mantenimiento - Lecho de secado de lodos .....	83
<b>Tabla 69.</b> Cuadro de operación y mantenimiento - Exterior de la planta.....	84
<b>Tabla 70.</b> Cuadro de actividades del operador. ....	84
<b>Tabla 71.</b> Cuadro de señalética de la PTAR .....	85
<b>Tabla 72.</b> Cuadro de operación y mantenimiento - Análisis físico - químico .....	86
<b>Tabla 73.</b> Presupuesto Referencial - PTAR Relleno Sanitario.....	87

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Entrevista a trabajadores del Relleno Sanitario donde se encuentra ubicada la PTAR .....	16
<b>Figura 2.</b> Medición de cada uno de los componentes de la PTAR .....	17
<b>Figura 3:</b> Ubicación de la parroquia Presidente Urbina.....	20
<b>Figura 4:</b> Sector Relleno Sanitario.....	21
<b>Figura 5:</b> PTAR sector Relleno Sanitario .....	22
<b>Figura 6.</b> Perfil de elevación de la PTAR .....	22
<b>Figura 7.</b> Caudal de ingreso de la PTAR .....	35
<b>Figura 8.</b> Caudal de salida de la PTAR.....	36
<b>Figura 9.</b> Recolección de las muestras de agua residual obtenidas en la PTAR.....	36
<b>Figura 10.</b> Conservación y transporte de las muestras de agua residuales de la PTAR.....	37
<b>Figura 11.</b> Etapas actuales del sistema de tratamiento de aguas residuales .....	38
<b>Figura 12.</b> Tanque Repartidor de la PTAR .....	38
<b>Figura 13.</b> Tanque séptico de la PTAR.....	39
<b>Figura 14.</b> Filtro anaerobio de flujo ascendente 1 de la PTAR.....	39
<b>Figura 15.</b> Filtro anaerobio de flujo ascendente 2 de la PTAR.....	40
<b>Figura 16.</b> Lecho de secado de lodos de la PTAR .....	40
<b>Figura 17.</b> Representación gráfica del porcentaje de eficiencia de remoción de parámetros físicos – químicos de.....	44
<b>Figura 18.</b> Vista en Planta del tanque repartidor de caudales .....	45
<b>Figura 19.</b> Vista de corte longitudinal del tanque repartidor de caudales .....	46
<b>Figura 20.</b> Vista en planta del desarenador .....	47
<b>Figura 21.</b> Vista lateral del desarenador .....	47
<b>Figura 22.</b> Vista en planta del tanque séptico .....	48
<b>Figura 23.</b> Vista de corte longitudinal del tanque séptico.....	49
<b>Figura 24.</b> Vista en planta del filtro ascendente.....	50
<b>Figura 25.</b> Vista de corte longitudinal del filtro ascendente .....	50
<b>Figura 26.</b> Vista en planta del lecho de secado de lodos.....	51
<b>Figura 27.</b> Vista de corte transversal del lecho de secado de lodos .....	51
<b>Figura 28.</b> Cubierta del lecho de secado de lodos vista lateral .....	79
<b>Figura 29.</b> Cubierta del lecho de secado de lodos vista frontal.....	79

## RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo principal determinar si la planta de tratamientos de aguas residuales está realizando un funcionamiento óptimo.

La evaluación realizada en la PTAR comenzó con la recolección de información y su respectiva investigación de campo para lo cual se procedió con la toma de dimensiones de la planta, así como el afluente y efluente de la misma determinando así el caudal de diseño que se utilizó. Además, se realizó la recolección de muestras de aguas residuales las mismas que fueron enviados a un laboratorio acreditado, cuyos resultados se compararon con los parámetros límites para la descarga de aguas residuales a cuerpos de aguas dulces que están establecidos en la normativa TULSMA 2015. Donde se encontró que los parámetros como son DQO, DBO<sub>5</sub> y Sólidos Suspendidos no cumplen con los estándares propuestos en la norma en cuestión, lo cual nos dió el criterio de que la PTAR no tiene un adecuado funcionamiento. Para lo cual se propuso un “Plan de Mantenimiento y Operación” el cual fue dividido en medidas establecidas en cada uno de los elementos, así como el diseño de un tanque descendente y una cubierta para el lecho de secado de lodos.

Con las propuestas ya mencionadas se espera el descenso en los parámetros mencionados mejorando la calidad del líquido descargado, evitando la creciente contaminación que se pueda generar en el sector, para lo cual se planteó un presupuesto referencial de diecinueve mil ciento cuarenta y nueve dólares con cincuenta y cinco centavos.

**Palabras Claves:** Afluente, Efluente, PTAR, TULSMA, Agua residual

## ABSTRACT

The main objective of this research is to determine if the wastewater treatment plant is performing optimally.

The evaluation carried out in the WWTP began with the collection of information and its respective field investigation for which the dimensions of the plant were taken, as well as the influent and effluent of the same, thus determining the design flow that was used. In addition, the collection of wastewater samples was carried out, which were sent to an accredited laboratory, whose results were compared with the limit parameters for the discharge of wastewater to freshwater bodies that are established in the TULSMA 2015 regulations. Where It was found that the parameters such as COD, BOD5 and Suspended Solids do not meet the standards proposed in the standard in question, which gave us the criteria that the WWTP does not have an adequate functioning. For which a "Maintenance and Operation Plan" was proposed, which was divided into measures established in each of the elements, as well as the design of a descending tank and a cover for the sludge drying bed.

With the aforementioned proposals, the decrease in the parameters is expected to improve, improving the quality of the discharged liquid, preventing the increasing contamination that can be generated in the sector, for which a referential budget of nineteen thousand one hundred and forty-nine dollars was proposed. with fifty-five cents.

**Key words:** Affluent, Effluent, WWTP, TULSMA, Wastewater

## **CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO**

### **1.1. Antecedente Investigativos**

#### **1.1.1. Antecedentes**

El continuo crecimiento de la contaminación de fuentes naturales de agua dulce ha puesto en un riesgo significativo a nivel mundial la salud poblacional sin mencionar la de los ecosistemas. Estos casos nos han puesto a buscar algún tipo de mecanismos que nos ayuden a contrarrestar esta situación, una de las soluciones que se ha llegado a proponer es la reutilización del agua contaminada. Para lo cual se ha desarrollado plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR), las que ayudan a garantizar la obtención del líquido vital sin ningún tipo de contaminación y que este ya esté listo para su potabilización [1].

Según el artículo científico “Tratamientos avanzados para la potabilización de aguas residuales”, La gran mayoría de plantas de tratamiento de aguas residuales, no cuentan con la tecnología necesaria que ayude con la remoción eficiente de contaminantes que se presentan en el agua de descarga, lo que nos ha demostrado que los residuos generados diariamente no tienen ningún tipo de control y se ha visto que ninguno estos han sido removidos en su totalidad [2].

Por lo tanto, es necesario considerar buscar algunas soluciones que facilitan una mejor calidad del efluente de cualquiera de los sistemas de tratamiento de aguas residuales como son las lagunas de maduración, cuyo objetivo principal es la sustracción de patógenos y la remoción de la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>), además que la alternativa antes mencionada constituye una de las más económicas en lo concerniente a descontaminación del efluente[3].

Según un estudio estadístico realizado por el banco mundial arrojó que solo 69% de latinoamericanos cuentan con infraestructura para el desecho de aguas residuales de los cuales el 80% es perteneciente a la población urbana y el 40% a la población rural, aunque en promedio un 80% de la población latinoamericana tiene acceso a servicios de recolección de aguas de alcantarillado. Grandes ciudades como México y Sao Paulo-Santos no cuentan con infraestructuras adecuadas que traten los residuos sanitarios por lo que a menudo estas tienen altos índices de contaminación, por tal razón se propone mejorar las condiciones de salud y saneamiento con la

implementación de plantas de tratamiento más eficientes para el manejo de aguas residuales, pero se debe tomar en cuenta que se requieren fuertes inversiones, solamente en México se estima de una inversión aproximada de US\$2,900 millones para proporcionar agua limpia y potabilizada así como los servicios de saneamiento a los habitantes de poblaciones urbanas[4].

En la actualidad el país de Latinoamérica que cuenta con una mayor cobertura de saneamiento de aguas residuales es Chile con el 99.85%, en este país las tecnologías convencionales más utilizadas son los lodos activos y lagunas aireadas, mientras que los procesos no convencionales más utilizadas se basan los biofiltros, vermi-biofiltro, entre otros. Aunque todas las tecnologías pueden cumplir con los estándares de descarga, el tipo de tecnología utilizada tiene diferencias asociadas en el flujo de materia y energía, lo que significa diferentes impactos ambientales[5].

En los países en desarrollo los tratamientos se basan en procesos fisicoquímicos o biológicos; en el primero se llega a tomar en cuenta las diferencias entre las características de las partículas y el agua, en el cual se aplica principios de separación como la de sedimentación o flotación. Por otro lado, los procesos químicos buscan cambiar la forma de las partículas que no se lograron separar por estos métodos, en base a la aplicación de elementos químicos para conseguir partículas con una mayor densidad que seguidamente puedan ser separadas mediante procedimientos físicos[6].

Aunque a pesar de las mejoras que se están alcanzando en los ya mencionados países la contaminación de cuerpos de agua dulce sigue en aumento, más del 80% de estas aguas residuales no reciben el tratamiento adecuado de descontaminación y se descargan en ríos, lagos y zonas costeras, a tal punto de que el problema más común que se presenta en la calidad del agua es la eutrofización resultado de grandes cantidades tanto de nitrógeno como de fosforo que contribuyen en el deterioro acelerado del agua[7].

Estudios realizados en las regiones rurales de América Latina y el Caribe nos dieron a conocer que el alcance de los sistemas de alcantarillado fue de un 64% para el año 2015, y que de esta solo se llegó a tratar un 34% de las aguas residuales, también se analizó que en estas zonas los sistemas de tratamientos realizados son plantas convencionales que se edifican en la fase final de los sistemas de alcantarillado, los

que por lo general siempre se han construido antes de las descarga de cuerpos de agua dulce[8].

Según un estudio realizado en Costa Rica más del 90% de los sistemas de tratamiento de aguas residuales que son operados o están a cargo de entidades públicas están considerados de baja capacidad, ya que el 70% de estas reciben caudales inferiores a 5.0L/s. Por otro lado, los proyectos privados que se encuentran ya tramitados para su construcción, el 90% de las PTAR tienen una capacidad menor a 5L/s de los cuales el 84% se relacionan a proyectos de construcción de condominios privados. Por tal motivo dicho estudio nos dio a conocer que Costa Rica posee una proporción de sistemas de pequeña capacidad con la tecnología comúnmente usada como son los lodos activados, dando como resultado elevados costos de operación, por lo que se recomendó una evaluación completa de dicha práctica con la finalidad de promover un sistema de saneamiento más sostenible[9].

Por otro lado, México consta de un gran sistema de variadas tecnologías que se utilizan al momento del tratamiento de aguas residuales. Las que se dividen en dos grupos primordiales, uno de ellos son los procesos aerobios que por lo general son los más comúnmente usados y estos a su vez se subdividen en procesos con biomasa suspendida y biomasa adherida, aunque también se puede llegar a encontrar procesos híbridos. A pesar de que una de las grandes desventajas que este posee son los grandes consumos de energía y una significativa producción de lodos, este método permite obtener una mejor calidad de agua tratada removiendo el nitrógeno y el fosforo de la misma. El segundo proceso mayormente utilizado en este país es el anaerobio que entre sus principales ventajas está el bajo requerimiento de energético, una menor producción de lodos y la obtención de metano que puede llegar a ser utilizada en la generación de energía. Pero hay que tomar en cuenta que estos procesos tienen extensas etapas de arranque, no existe la remoción biológica de fosforo y nitrógeno y por lo general posteriormente se requerirá una etapa aerobia para llegar a cumplir con la calidad de agua tratada requerida[10].

En Ecuador, según un estudio estadístico las aguas residuales domesticas solamente son tratadas aproximadamente el 12% de las cuales el 88% de estas aguas se vierten directamente y sin tratamientos a ríos y quebradas. Sin embargo, la ley ecuatoriana

establece que deben ser tratadas todas las aguas servidas. Esto esta normado en el “Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente” (TULSMA), donde ya están establecidos los lineamientos de descarga. Este apartado ha sido desestimado por muchas municipalidades, muchas de las ciudades del país no cuentan con Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales y mucho menos con sistemas de alcantarillado para aguas lluvias y aguas servidas, lo que complica aún más su tratamiento[11].

En el caso de la ciudad de Babahoyo esta cuenta con una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales la cual consta de un sistema mixto de tratamiento. El primero se basa en que un Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente con Manto de Lodos, en el que se logra separar gran cantidad de los sólidos sedimentables y de material flotante, este proceso transforma la carga orgánica en un biogás que se suele utilizar como generador de energía además de un fertilizante estabilizado. Seguidamente el agua residual obtenida del proceso anterior es conducida a unas tanques de estabilización, que se componen en de 4 lagunas facultativas que son las más relevantes proveedoras de oxígeno y 2 lagunas más que continúan con el proceso de maduración que son el último paso para continuar con la reutilización, estas lagunas lo que hacen es remover la materia biodegradable que suele quedar en el agua residual y esta destruye todos los organismos que puedan representar un peligro latente para la salud humana, de esta manera cumpliendo con la norma vigente en Ecuador[12].

Una planta de tratamiento localizada en Puembo tiene un proceso de descontaminación que varía según la cantidad y la calidad del efluente, esta PTAR está enfocada en las industrias lácteas debido a esto la planta en cuestión debe poseer un sistema de flotación como tratamiento primario, esta es una recomendación del “Manual de Producción más Limpia de Nicaragua” (2010), debido a la presencia de grasas emulsificadas presentes en el efluente. En una PTAR láctea, las remociones pueden llegar a un 72% de sólidos, 62% de aceites y grasas y 53% de la DQO total. Y continúan con un tratamiento secundario que consiste en el ya mencionado sistema de lodos activados y finaliza con un sistema de tratamiento de biosólidos para su reutilización[13].

La parroquia San Pablo, del cantón Otavalo cuenta con una PTAR que está ubicada en la cuenca del lago San Pablo, estas fueron construidas con el fin de disminuir la contaminación que se generaba en el lago causado por la descarga de aguas servidas, pues anteriormente las aguas residuales se vertían directamente a la laguna, esto provocaba un impacto ambiental negativo a la vida acuática de la zona. Esta planta se conforma por 3 módulos separadores de caudal en los que encontramos 3 vertederos de muro delgado en cada módulo, de esta manera se da la realización de aforos para estimar el caudal que ingresa a la planta, también cuenta con 9 sedimentadores como sistema de descontaminación primario que esta cargo de retener en grandes cantidades la materia sólida y lodos que recibe el sistema, además de 9 filtros anaerobios de flujo ascendente y tiene un procedimiento de 54 estanques de tratamiento secundario que se encarga de la descomposición biológica y la eliminación de nutrientes. Una vez pasado todo este proceso el agua cumple con los lineamientos establecidos y pueden vertirse en el río Itambi, para posteriormente llegar directamente al lago San Pablo[14].

Se realizo una investigación en Quito que estudio el sistema de tratamiento de aguas residuales que provienen de una industria de papel que tiene como base un reactor bilógico rotativo de contacto (RBC). Se analizó el agua servida llegando a la conclusión que dicha descarga de agua no puede realizarse directamente ya que estas no cumplen con las concentraciones establecidas en la normativa ecuatoriana en lo concerniente a los parámetros de DBO, DQO, sólidos sedimentables, suspendidos y totales. Se comenzó el estudio con un proceso de sedimentación que ayudó con la separación de los sólidos sedimentables. Luego paso a un RBC y después se ejecutó un tratamiento que consistió en un filtro abierto de arena y grava, después de todo el proceso ya mencionado se pudo cumplir los lineamientos ambientales para el control de descarga de aguas tratadas[15].

Según un estudio realizado acerca de “Physical characteristics of materials of Ecuadorian origin for water treatment” en Ecuador los procesos para la descontaminación de aguas residuales se han clasificado en 3 tipos: Físico, Químico y Biológicos. Uno de los tratamiento que con más frecuencia es utilizado es el físico químico la cual emplea diferentes materiales de tipo reactivo por lo que se consideró utilizar elementos de origen ecuatoriano como son el carbón activado, turba, zeolita modemita, piroclastos, zeolita clinoptilolita y piroclastos volcánicos, cuyos ensayos de

laboratorio mostraron que las sustancias analizadas arrojaron valores que se encuentran dentro de los valores recomendados para el tratamiento de aguas residuales[16].

Las fábricas de jean en la provincia de Tungurahua requieren una gran cantidad de agua para su producción, lo cual genera una notable cantidad de las aguas residuales. El impacto ambiental que estos líquidos no tratados generan es alto debido principalmente a la gran diversidad de reactivos y químicos con alta toxicidad que se utiliza en el proceso de fabricación. Se realizó un estudio que pretendía determinar la eficiencia de descontaminación de los siguientes parámetros DBO, DQO, ST y la biodegradabilidad mediante el uso de un biofiltro experimental que estaba construido con una cama de turba, arena de río lavada y piedra pómez. Una vez analizado el filtro sugerido en la primera etapa se llegó a notar que no existió un efecto filtrante sino más bien un efecto inverso mientras que en la segunda etapa de monitoreo se dio un paso directo del efluente y los resultados que se dieron a conocer tuvo un efecto satisfactorio ya que el filtrado fue evidente, del mismo modo después del día 16 hasta el final del monitoreo se observó un descenso notable en todos los parámetros de estudio[17].

La industria automotriz ha causado grandes daños en estos días como son las lavadoras de autos, que generan una gran contaminación a las aguas servidas, debido a esto se analizó en la ciudad de Ambato la posibilidad de crear un filtro a base de bagazo de caña de azúcar arena, piedra pómez y ladrillo triturado usando el efluente de una lavadora de autos ligeros para comprobar la eficacia del mismo y las limitaciones que este puede presentar después de realizar mediciones durante 30 días del índice de variación los resultados obtenidos mostraron una mejora significativa en la calidad del efluente tratado, y aún más notable se vio en lo que se refiere a la turbiedad del líquido, el TPH, sólidos suspendidos y el pH del mismo[18].

La parroquia Presidente Urbina consta de una superficie territorial de 1263.1 ha al norte limita con San Andrés al Sur con Izamba y Píllaro, al oeste con Cuchibamba y Unamuncho y al este con San Andrés y Píllaro. Consta de una población de 3034 habitantes.

El 75% de las viviendas de la parroquia en cuestión cuenta con el servicio de alcantarillado; el 18% todavía mantiene sus conexiones de aguas residuales hacia

pozos sépticos y solo el 1% descarga sus aguas servidas domiciliarias a letrinas y el 6% no tiene.[19]

El actual trabajo experimental que se realizó en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales ubicada en el sector Relleno Sanitario, perteneciente a la parroquia Presidente Urbina se lo realizó debido al crecimiento poblacional y las nuevas necesidades que esto ha generado. Por lo que se consideró necesario realizar una evaluación a la PTAR ya mencionada.

### **1.1.2. Hipótesis**

¿Es la evaluación de la planta de Tratamiento de Aguas Residuales del sector Relleno Sanitario, de la Parroquia Presidente Urbina, Cantón San José de Píllaro, ¿Provincia de Tungurahua la que determina si en su estado actual trabaja correctamente?

## **1.2. Objetivos**

### **1.1.1. Objetivo General**

Evaluar el funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales del sector Relleno Sanitario de la parroquia Presidente Urbina perteneciente al cantón Píllaro, de la provincia de Tungurahua

### **1.1.2. Objetivos Específicos**

- Realizar el levantamiento de información respecto al funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales del sector Relleno Sanitario para el dimensionamiento de las unidades existentes.
- Analizar el afluente y efluente de la planta de tratamiento en cuestión.
- Examinar el funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales en base a la norma actual TULSMA 2015.
- Proponer un mejoramiento de la planta de tratamiento de aguas residuales según el análisis realizado con sus respectivos planos y presupuesto, en el caso de ser necesario

## CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA.

### 2.1. Materiales

En la segunda etapa del trabajo de campo procederemos a presentar los equipos utilizados en la investigación en la Tabla 1 y los materiales que se muestran en la Tabla 2 son los que se utilizaron para realizar el levantamiento topográfico, así como para realizar la medición de las partes de la PTAR

*Tabla 1: Equipos empleados en el levantamiento topográfico*

<b>Equipo:</b> Estación Total <b>Marca:</b> Topcon <b>Modelo:</b> DS-200i	<b>Equipo:</b> GPS <b>Marca:</b> Garmin <b>Modelo:</b> eTrex 32x
	
<b>Utilización:</b> Realizar el levantamiento topográfico, medir, almacenar y georreferenciar los puntos de la PTAR	<b>Utilización:</b> Conseguir coordenadas UTM de diferentes puntos de la PTAR

*Fuente: Carlos Rengel*

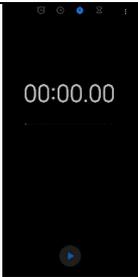
**Tabla 2: Materiales empleado en el levantamiento topográfico**

<b>Trípode</b>	<b>Prisma</b>
	
<p><b>Utilización:</b> Se utiliza para que la estación total este nivelada y se pueda tomar los puntos</p>	<p><b>Utilización:</b> Se ubica en los puntos que serán georreferenciados.</p>
<b>Bastón porta prisma</b>	<b>Estaca</b>
	
<p><b>Utilización:</b> Donde va ubicado el prisma y posee una altura regulable</p>	<p><b>Utilización:</b> Objeto de madera que se usa para señalar los puntos georreferenciados</p>
<b>Combo</b>	<b>Flexómetro</b>
	
<p><b>Utilización:</b> Se utilizó para clavar las estacas</p>	<p><b>Utilización:</b> Objeto utilizado para medir cada uno de los componentes de la PTAR</p>

*Fuente: Carlos Rengel*

En la Tabla 3 que se presenta a continuación se enfoca en los materiales ocupados para la medición de los caudales, así como para también la toma de muestras tanto del afluente como efluente.

**Tabla 3:** Materiales ocupados en la medición de caudales y recolección de las muestras de entrada y salida

<b>Frasco ámbar</b>	<b>Botella plástica</b>
	
<p><b>Utilización:</b> Se uso para la recolección de muestras de aguas residuales y enviarlas para su respectivo análisis del parámetro “aceites y grasas” al laboratorio.</p>	<p><b>Utilización:</b> Se utiliza para llevar al laboratorio las muestras tanto del afluente como el efluente.</p>
<b>Recipiente de 42.5 litros</b>	<b>Cronometro del celular</b>
	
<p><b>Utilización:</b> Se utiliza para la medición de los caudales tanto de ingreso de como de salida.</p>	<p><b>Utilización:</b> Se lo ocupo para tomar el tiempo que demora en llenarse el recipiente.</p>
<b>Cuaderno</b>	<b>Papel adhesivo blanco</b>
	
<p><b>Utilización:</b> Se utilizó para recabar información de los tiempos de llenado del recipiente de los caudales.</p>	<p><b>Utilización:</b> Se uso para la rotulación de las muestras que se recolectaron</p>

Fuente: Carlos Rengel

Del mismo modo, en la lista de materiales expuestos en la Tabla 4 se menciona los equipos de seguridad que se llevaron puestos en del desarrollado del trabajo de campo.

*Tabla 4: Equipo de seguridad*

<b>Guantes de Caucho</b>	<b>Botas de caucho</b>
	
<p><b>Utilización:</b> Se ocupó para la protección de manos y evitar la exposición a fluidos residuales.</p>	<p><b>Utilización:</b> Utilizada para la protección del agua y lodo en el trabajo de campo.</p>
<b>Mandil</b>	<b>Visor facial</b>
	
<p><b>Utilización:</b> Empleado para protegerse la ropa de cualquier sustancia o líquido</p>	<p><b>Utilización:</b> Usado para proteger el rostro y evitar el contacto de patógenos.</p>

*Fuente: Carlos Rengel*

## 2.2. Métodos

Como principal objetivo del trabajo en cuestión fue analizar si era o no necesario un rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales ubicada en el sector Relleno Sanitario Pertenece a la parroquia Presidente Urbina del cantón Santiago de Píllaro en la provincia de Tungurahua. Por tal motivo en las siguientes tablas presentadas a continuación se identifican los métodos utilizados en base a cada objetivo específico presentado.

**Tabla 5: Métodos empleados en el cumplimiento del primer objetivo específico**

<b>OBJETIVO ESPECÍFICO 1</b>			
Realizar el levantamiento de información respecto al funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales del sector Relleno Sanitario para el dimensionamiento de las unidades existentes.			
<b>Ítem</b>	<b>Actividad</b>	<b>Metodología</b>	<b>Resultado</b>
1	Recolección de información tanto teórica y bibliográfica sobre el área de estudio y las instalaciones de aguas residuales asociadas	Se aplicó el <i>método documental</i> basado en fuentes bibliográficas obtenidas del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la parroquia Presidente Urbina.	Información sobre la Parroquia Presidente Urbina indicando las actividades económicas realizadas en el área, así como su ubicación y límites territoriales. Plano de ubicación de la PTAR.
		Debido al alejamiento poblacional entre habitantes se realizó una entrevista para recolectar información directa y personal	Opiniones de los moradores cercanos a la PTAR acerca de los mantenimientos realizados y si hay un funcionamiento adecuado de la misma, así como el año en que fue construida.
		Del mismo modo también se ocupó la <i>observación directa</i> para revisar el lugar donde está construida la PTAR y el estado de los elementos de la misma	Análisis del estado de los componentes de la PTAR
2	Medición de las unidades del proceso existentes.	Para este ítem se ocupó el <i>método de medición</i> se recolectan datos acerca de sus dimensiones, así como el levantamiento topográfico del lugar donde se encuentra edificada la planta.	Se obtiene la planimetría de los componentes, la vista en planta y el corte longitudinal.
3	Medición de caudales de entrada y salida de la PTAR	Con el <i>trabajo en campo</i> se procedió a la medición de caudales de la PTAR mediante el método volumétrico.	Se determinó el caudal máximo horario de la planta. Definir el día con el mayor afluente de la PTAR
4	Muestreo del agua residual de la PTAR	Con la <i>metodología experimental</i> , se obtiene muestras relevantes de agua residual para ser llevadas al laboratorio certificado de la UNACH para realizar el análisis correspondiente basándose en la norma NTE INEN 2176:98 y NTE INEN 2169:98.	Resultados de las muestras y determinar si están cumpliendo con los lineamientos ya establecidos

*Fuente: Carlos Rengel*

**Tabla 6: Metodología que se ocupó para el desarrollo del segundo objetivo específico**

<b>OBJETIVO ESPECÍFICO 2</b>			
Analizar el afluente y efluente de la planta de tratamiento en cuestión.			
<b>Ítem</b>	<b>Actividad</b>	<b>Metodología</b>	<b>Resultado</b>
1	Análisis Técnico del actual funcionamiento de la PTAR.	Se ocupó el método descriptivo para detallar las condiciones actuales de la planta, así como su operatividad y las unidades hidráulicas que se presentan.	Determinación técnica actual de la PTAR del sector Relleno Sanitario.

*Fuente: Carlos Rengel*

**Tabla 7: Metodología que se empleó en el desarrollo del tercer objetivo específico**

<b>OBJETIVO ESPECÍFICO 3</b>			
Examinar el funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales en base a la norma actual TULSMA 2015.			
<b>Ítem</b>	<b>Actividad</b>	<b>Metodología</b>	<b>Resultado</b>
1	Evaluación de las muestras tomadas del afluente como del efluente enviadas al laboratorio.	Con la aplicación del <i>método analítico</i> se realiza la comparación de los resultados que se obtuvieron del laboratorio de Servicios Ambientales de la UNACH en retrospectiva con la normativa TULSMA 2015	Análisis de los resultados químicos de la entrada y salida de agua de la PTAR

*Fuente: Carlos Rengel*

**Tabla 8: Metodología que se ocupó para el desarrollo del cuarto objetivo específico**

<b>OBJETIVO ESPECÍFICO 4</b>			
Proponer un el mejoramiento de la planta de tratamiento de aguas residuales según el análisis realizado con sus respectivos planos y presupuesto, en el caso de ser necesario			
<b>Ítem</b>	<b>Actividad</b>	<b>Metodología</b>	<b>Resultado</b>
1	Mejoramiento de la Planta de tratamiento del sector Relleno Sanitario	Se ocupó el <i>método deductivo</i> basándonos en los datos obtenidos y las condiciones presentes en la zona para luego proceder a realizar un nuevo tren de descontaminación. Los lineamientos se regirán en la normativa CO 10.07-601	Opción adecuada para un nuevo tren de tratamiento. Plano con la sugerencia de rediseño Presupuesto referencial Manual de mantención y operación de la PTAR

*Fuente: Carlos Rengel*

## **Etapa I Levantamiento de información de la PTAR**

En esta etapa se procedió a aplicar el método documental debido a que se realizó una recolección de toda la información tanto de manera bibliográfica ocupando principalmente el “Plan de Ordenamiento Territorial de la parroquia Presidente Urbina”, como teórica, la cual nos contribuye en la descripción de la zona estudiada, estos datos incluyen ubicación geográfica, sus límites y las principales actividades socioeconómicas de la población de la comunidad, las entrevistas se realizaron el día 30 de noviembre del 2022 al operador de la planta Danilo Yanchatipan. De igual manera, se especificaron datos relacionados a la planta de tratamiento de aguas residuales como el tiempo que ha estado funcionando, los monitoreos que se han realizado y que tipos de trabajos de mantenimientos se han aplicado en la misma.

Debido a ciertas condiciones encontradas en la zona, una de ellas es la dispersión poblacional de la comunidad que es una característica notable en zonas agrícolas y ganaderas, además de realizar entrevistas como método de recolección de información debido al carácter personal y directo que esta conlleva con los habitantes del sector. Los datos recolectados fueron de gran importancia para conocer los motivos por los cuales la PTAR tiene el funcionamiento actual y determinar las horas pico en las cuales la población produce un mayor caudal de ingreso a la PTAR por las actividades realizadas diaria.



*Figura 1. Entrevista a trabajadores del Relleno Sanitario donde se encuentra ubicada la PTAR*

*Fuente: Carlos Rengel*

Además, la observación directa nos permite analizar detalles importantes de la zona y determinar el estado actual de las diferentes partes de la PTAR. Aunque no se ha encontrado ningún inconveniente estructural en toda el área que conforma la planta de tratamiento, pudimos notar que la eficiencia de los procesos de descontaminación está alterados debido a una falta de mantenimiento de la misma.

## **Etapa II Investigación de campo**

En esta etapa se realizó el método de medición por lo que se hizo un dimensionamiento tanto de largo, ancho, alto y espesor de cada una de las partes que conforman el tren de tratamiento del agua residual. Este ítem fue de gran relevancia para determinar la exactitud de los datos que sirvieron en la etapa de diagnóstico y determinación de diseño de la propuesta en el último parámetro.



*Figura 2. Medición de cada uno de los componentes de la PTAR*

*Fuente: Carlos Rengel*

Seguidamente se realizó el levantamiento topográfico del lugar donde está construida la planta de tratamiento y sus respectivos detalles. Además de la georreferenciación de

los puntos clave de las unidades ya establecidas que a su vez fueron plasmadas en el plano de implantación actual de la PTAR.

A partir de visitas en campo se realizó la medición de caudales tanto de entrada como caudales de salida de la ya mencionada PTAR. Para el desarrollo del método de medición volumétrica, que consistió en tomar el tiempo de llenado de un recipiente de medida fija (42.5 litros). Del mismo modo los resultados obtenidos del procedimiento hablado anteriormente nos ayudaron a identificar el día de mayor demanda de la planta de tratamiento dándonos así un muestreo representativo del agua residual empleando así la metodología de tipo experimental, considerando que Metcalf & Eddy mencionan que el “grado de variación del caudal condiciona el tiempo de muestreo”; es decir que el caudal obtenido nos ayuda a determinar el lugar y momento adecuado para la recolección de la muestra que presente cierto tipo de características concretas[20].

### **Etapa III investigación de Laboratorio**

Las muestras de agua residual que fueron recolectadas en la etapa anterior se llevaron a un laboratorio especializado que cuenta su respectiva certificación (Laboratorio de Servicios Ambientales de la Universidad Nacional de Chimborazo) para luego ser analizadas e identificar sus características más importantes. Metcalf y Eddy nos dicen que los contaminantes más importantes en el tratamiento de aguas residuales son por lo general el pH, DQO, DBO<sub>5</sub>, sólidos en suspensión, y sólidos totales, ya que estos dan lugar al aumento de depósitos de lodo al descargarse el líquido en los cuerpos de agua; la materia biodegradable se midió en función del DBO y DQO (dado el caso de no tratar este parámetro se crearían condiciones sépticas en la descarga esto se da al agotar el oxígeno durante su estabilización biológica).

Metcalf & Eddy recomienda evaluar el pH, la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), la demanda química de oxígeno (DQO), los sólidos suspendidos y los sólidos totales para obtener una visión completa del funcionamiento de una planta de tratamiento de aguas residuales. El pH es un indicador importante de la acidez o alcalinidad de las aguas residuales, mientras que la DBO y la DQO son medidas de la cantidad de materia orgánica en el agua residual. Los sólidos suspendidos y los sólidos totales son medidas de la cantidad de partículas en suspensión y en el fondo, respectivamente, y son indicativos de la eficacia de la separación de sólidos. Al evaluar estos parámetros, se

puede obtener una comprensión más completa de la calidad de las aguas residuales y el rendimiento de la planta de tratamiento[20].

Con lo ya mencionado en párrafos anteriores, identificamos los principales lineamientos de la normativa TULSMA, libro VI, Anexo 1-Tabla 9, para determinar y estudiar la eficiencia del funcionamiento de una PTAR son los siguientes[21]:

**Tabla 9:** *Parámetros analizados en la muestra de agua residual.*

PARÁMETRO	UNIDAD	MÉTODO
pH	-	STANDARD METHODS 4500 - HB
DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 – D
DBO5	mgO2/l	STANDARD METHODS 5210 – B
Sólidos suspendidos	mg/l	STANDARD METHODS 2540 - D
Sólidos totales	mg/l	STANDARD METHODS 2540 - B

*Fuente:* Laboratorio de servicios ambientales de la UNACH

#### **Etapla IV Análisis y verificación de funcionamiento de la PTAR**

En esta presente etapa mostraremos una evaluación del funcionamiento de cada uno de los elementos hidráulicos que existen en la PTAR con la metodología descriptiva; se particularizó su estado actual y se identificó si dicha planta se encuentra en correcta operatividad. Seguidamente, en la sección de resultados se usó la metodología de tipo de analítica porque se comparó y analizó los resultados obtenidos de la evaluación de laboratorio de las muestras de agua residual con los valores límites de descarga de un cuerpo de agua dulce según lo estipulado en la norma “TULSMA, libro VI, Anexo 1-Tabla 9” para su respectiva verificación de cumplimiento. Se determinó el porcentaje de la eficiencia de remoción de los parámetros analizados, empleando la ecuación 1[21].

$$E = \frac{Co - Cf}{Co} * 100$$

Donde:

*E = eficiencia del parámetro (%)*

*Co = Valor incial del parámetro*

$C_f = \text{Valor final del parámetro}$

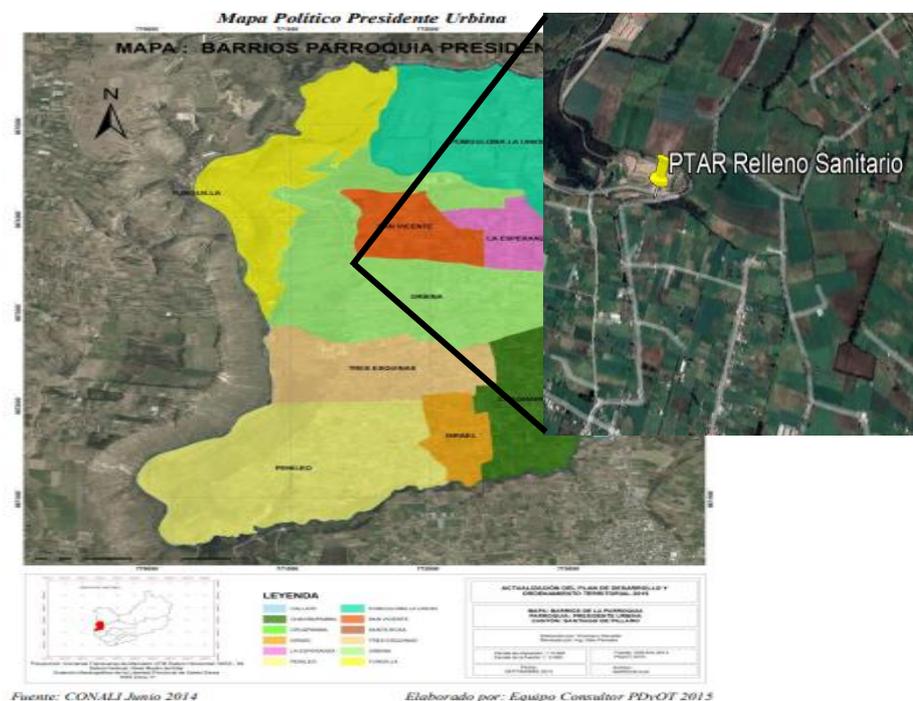
## Etapa V Mejoramiento de la PTAR

Por último, en esta etapa se procedió a realizar el método deductivo ya que se propuso un nuevo mejoramiento al proceso físico-químico empleado en la PTAR del sector Relleno Sanitario, perteneciente a la parroquia Presidente Urbina, esto se realizó basándose en los resultados de laboratorio obtenidos. Con esto se llegó a seleccionar la mejor opción para el tren de tratamiento de aguas residuales, así como su presupuesto referencial y un manual actualizado de su operación y mantenimiento lo cual permitirá obtener un producto que si cumpla con la vida útil con la PTAR.

### 2.2.1. Plan de recolección de datos

#### Etapa I Levantamiento de la información de la PTAR

El sector Relleno Sanitario se encuentra ubicado dentro de la zona territorial perteneciente a la parroquia Presidente Urbina, perteneciente al cantón Santiago de Píllaro en la provincia de Tungurahua. Al norte limita con San Andrés, al sur con Píllaro e Izamba, al este con San Andrés y Píllaro y al oeste con Cuchibamba y Unamuncho. Su superficie aproximada es de 1.263,1 ha y se encuentra a una a altura de entre 2760 msnm en su zona más baja mientras q en su zona más alta se encuentra a 3005 msnm[22].



**Figura 3:** Ubicación de la parroquia Presidente Urbina

**Fuente:** Carlos Rengel

La parroquia Presidente Urbina es una zona netamente rural cuya principal actividad económica se basa en el Sector primario (Agricultura, Ganadería, Silvicultura y Pesca) lo que representa el 44.03% de la Población Económicamente Activa (PEA), lo que evidencia que el sector en cuestión es característico por ser agrícola y ganadero especialmente ya que en vistas de campo realizadas se vio cultivos de pastos en gran parte de terrenos y que estos serán utilizados en la producción pecuaria[22].



**Figura 4:** Sector Relleno Sanitario

**Fuente:** Carlos Rengel

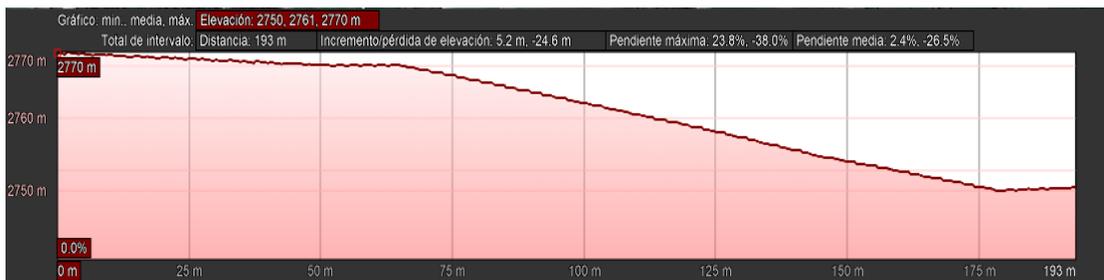
La PTAR del sector Relleno Sanitario de la parroquia Presidente Urbina está compuesta por un cajón repartidor, rejilla y desarenador, fosa séptica dos filtros ascendentes, lecho de secado de lodos, bypass y bodega como se muestra en la figura 5.



*Figura 5: PTAR sector Relleno Sanitario*

*Fuente: Carlos Rengel*

En la imagen, se ve también un corte longitudinal del terreno. El perfil de elevación tiene una fuerte pendiente del 23.8 % y una diferencia de altura de 20 metros (aproximadamente 65.62 pies). El punto más elevado se encuentra en la entrada de la PTAR en el tanque distribuidor de flujos, con una elevación de 2770 metros sobre el nivel del mar. Mientras que, el punto más bajo se ubica en el pozo de descarga, con una altura de 2750 metros sobre el nivel del mar.



*Figura 6. Perfil de elevación de la PTAR*

*Fuente: Google Earth Pro*

## Etapa II Investigación de campo

### Medición de caudales

Para poder realizar una correcta evaluación de las unidades hidráulicas de la PTAR es necesario poder determinar el caudal máximo horario, es decir, el mayor caudal obtenido por una hora. Por tal motivo, para realizar la medición de caudal tanto del afluente como del efluente se debe registrar todos los datos relevantes por un periodo de un año.

Por otro lado, debido a ciertas condiciones específicas presentadas en la zona y diferentes cambios en el consumo de agua de los moradores se ha determinado un error del 17.5% de error en la divulgación de los resultados. Ocupando la ecuación 2 se determinó el tamaño del muestreo concerniente al número de las mediciones de caudal de la PTAR del sector Relleno Sanitario[23].

$$n = \frac{N}{1 + N(E)^2}$$

Donde:

$$N = \text{población} = 365 \text{ días}$$

$$n = \text{tamaño de la muestra}$$

$$E = \text{índice de error que generalice resultados} = 0.175\% (0.175)$$

$$n = \frac{365}{1 + 365(0.175)^2}$$

$$n = 29.97$$

$$n = 30 \text{ días}$$

Además, Metcalf & Eddy recomienda realizar la medición de caudales en una planta de tratamiento de aguas residuales durante 30 días para obtener una representación precisa de la cantidad de agua residual que se está tratando, evaluar la eficiencia de los procesos de tratamiento, identificar posibles problemas en el rendimiento de la planta y cumplir con los estándares reguladores. Esta medición es crucial para garantizar un tratamiento efectivo y eficiente de las aguas residuales y mejorar el funcionamiento de la planta[20].

De tal modo, se pudo constatar que las actividades de la zona en cuestión empiezan a las 8 am, luego proceden a dirigirse a sus labores tanto agrícolas como ganaderas, posteriormente se regresa al medio día para llegar a almorzar con sus familiares y el resto de actividades. Finalmente, en horas de la tarde se finaliza la jornada cuando van a cenar y por último proceden a descansar. En base con la información presentada se llegó a la conclusión que en horas de la tarde se encuentran los valores en donde los caudales son más altos. Por tal motivo se realizó la toma de medición de caudales por 30 días consecutivos iniciando el 05 de septiembre del 2022 al 04 de octubre del 2022. Este rango de tiempo ayudo a obtener datos más exactos y concernientes a la realidad de la zona.

**Tabla 10.** Caudales de ingreso de la PTAR en lt/seg - semana 1

MEDICIÓN DE CAUDALES PTAR - (LTS/SEG) ENTRADA							
PERIODO	SEMANA 1 05/09/2022 a 11/09/2022						
Hora de Medición	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
8:00	4,580	4,808	5,077	4,645	4,216	4,615	4,289
9:00	4,802	4,560	4,242	4,271	4,988	4,630	4,187
10:00	4,220	4,246	5,025	4,775	4,319	4,813	4,441
11:00	4,824	4,925	5,000	4,372	4,246	4,885	4,650
12:00	4,846	4,450	5,049	4,550	4,400	4,526	4,204
13:00	4,432	4,284	4,830	4,488	4,580	4,665	4,852
14:00	4,507	4,512	4,846	4,896	4,526	4,171	4,183
15:00	4,919	4,306	5,156	4,717	4,390	4,233	4,868
16:00	4,323	4,791	5,148	4,171	4,775	4,229	4,280

*Fuente: Carlos Rengel*

**Tabla 11.** Caudales de ingreso de la PTAR en lt/seg - semana 2

MEDICIÓN DE CAUDALES PTAR - (LTS/SEG) ENTRADA							
PERIODO	SEMANA 2 12/09/2022 al 18/09/2022						
Hora de Medición	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
8:00	4,930	4,171	4,293	4,246	4,386	4,502	4,263
9:00	4,896	4,550	5,077	4,302	4,507	4,246	4,896
10:00	4,254	4,171	5,037	4,183	4,835	4,229	4,386
11:00	4,660	4,835	5,108	4,284	4,455	4,297	4,267
12:00	4,660	4,381	4,615	4,460	4,994	4,852	4,681
13:00	4,350	4,220	5,020	4,959	4,293	4,681	4,802
14:00	4,381	4,965	4,469	4,233	4,775	4,660	4,526
15:00	4,863	4,874	4,808	4,775	4,754	4,691	4,942

16:00	4,802	4,977	5,042	4,925	5,024	4,874	4,868
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

*Fuente: Carlos Rengel*

*Tabla 12. Caudales de ingreso de la PTAR en lt/seg - semana 3*

MEDICIÓN DE CAUDALES PTAR - (LTS/SEG) ENTRADA							
PERIODO	SEMANA 3 19/09/2022 al 25/09/2022						
Hora de Medición	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
8:00	4,691	4,965	5,012	4,885	4,681	5,084	4,830
9:00	4,749	4,686	5,253	4,707	4,874	4,797	4,791
10:00	4,925	4,722	4,120	4,707	4,971	4,936	4,982
11:00	4,885	4,377	5,527	4,284	4,332	4,246	4,824
12:00	4,478	4,328	5,387	4,395	4,446	4,237	4,259
13:00	4,191	4,474	5,096	4,759	4,293	4,328	4,216
14:00	4,531	4,808	4,519	4,675	4,686	4,765	4,516
15:00	4,841	4,645	5,170	5,072	4,953	5,152	4,516
16:00	4,765	4,781	5,145	4,754	4,902	4,913	4,868

*Fuente: Carlos Rengel*

*Tabla 13. Caudales de ingreso de la PTAR en lt/seg - semana 4*

MEDICIÓN DE CAUDALES PTAR - (LTS/SEG) ENTRADA							
PERIODO	SEMANA 4 26/09/2022 al 02/10/2022						
Hora de Medición	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
8:00	4,526	4,846	5,366	5,108	4,630	4,765	4,565
9:00	4,775	4,580	5,170	4,497	4,630	4,813	4,733
10:00	5,072	4,797	5,421	4,493	5,234	4,824	4,691
11:00	4,982	4,733	5,120	4,857	4,550	4,665	4,526
12:00	5,066	4,982	5,096	4,857	4,846	4,512	4,749
13:00	5,202	5,652	5,030	5,637	5,196	5,234	5,120
14:00	5,637	5,018	5,366	5,090	5,380	5,183	0,051
15:00	5,421	5,400	5,208	5,577	5,108	5,548	5,498
16:00	5,659	5,133	5,020	5,042	5,435	5,470	5,127

*Fuente: Carlos Rengel*

**Tabla 14.** Caudales de ingreso de la PTAR en lt/seg - semana 5

MEDICIÓN DE CAUDALES PTAR - (LTS/SEG) ENTRADA		
PERIODO	SEMANA 5 03/10/2022 al 04/10/2022	
Hora de Medición	Lunes	Martes
8:00	5,102	4,366
9:00	4,253	4,226
10:00	4,698	5,421
11:00	4,527	5,120
12:00	5,330	4,996
13:00	4,196	4,680
14:00	4,119	4,636
15:00	4,970	4,280
16:00	4,856	5,097

*Fuente: Carlos Rengel*

**Tabla 15:** Caudales de ingreso de la PTAR en lt/seg

RESUMEN DE MEDICION DE CAUDALES PTAR - (LTS/SEG) ENTRADA							
PERIODO	Desde el lunes 05 de septiembre hasta el martes 04 de octubre de 2022						
Hora de Medición	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
8:00	4,567	4,838	5,016	4,808	5,054	4,980	4,402
9:00	4,458	4,842	4,986	4,788	5,071	5,049	4,485
10:00	4,425	4,864	5,114	4,815	4,833	4,893	4,292
11:00	4,536	4,412	5,048	4,774	5,083	5,093	4,352
12:00	4,547	4,663	4,933	4,836	4,890	4,918	4,338
13:00	4,623	4,844	5,009	5,035	5,041	4,865	4,366
14:00	4,541	4,722	4,877	4,953	5,033	4,970	4,364
15:00	4,479	4,715	5,072	4,865	4,837	5,063	4,378
16:00	4,469	4,517	4,858	4,969	4,378	5,038	4,951

*Fuente: Carlos Rengel*

Observando la tabla anterior en la que se observó los caudales de entrada de la PTAR, el día con mayor caudal fue el miércoles con 5.114 lt/s, en contraste con el día domingo que fue donde el caudal tuvo el menor caudal con 4.292 lt/s. La diferenciación entre los datos de los días antes mencionados se debe a las rutinas diarias que realizan los habitantes. A continuación, se muestra la estadística descriptiva ocupada en la toma de datos de campo:

**Tabla 16:** Estadística descriptiva caudales (lts/seg) lunes

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA			
COLUMNA 1 - LUNES			
MEDIA	4,516	MÍNIMO	4,425
MEDIANA	4,536	MÁXIMO	4,623
DESVIACIÓN	0,062	SUMA	40,646
		CUENTA	9

*Fuente:* Carlos Rengel

**Tabla 17:** Estadística descriptiva caudales (lts/seg) martes

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA			
COLUMNA 2 - MARTES			
MEDIA	4,713	MÍNIMO	4,412
MEDIANA	4,722	MÁXIMO	4,864
DESVIACIÓN	0,159	SUMA	42,416
		CUENTA	9

*Fuente:* Carlos Rengel

**Tabla 18:** Estadística descriptiva caudales (lts/seg) miércoles

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA			
COLUMNA 3 – MIÉRCOLES			
MEDIA	4,990	MÍNIMO	4,858
MEDIANA	5,009	MÁXIMO	5,114
DESVIACIÓN	0,087	SUMA	44,913
		CUENTA	9

*Fuente:* Carlos Rengel

**Tabla 19:** Estadística descriptiva caudales (lts/seg) jueves

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA			
COLUMNA 4 - JUEVES			
MEDIA	4,871	MÍNIMO	4,774
MEDIANA	4,836	MÁXIMO	5,035
DESVIACIÓN	0,092	SUMA	43,843
		CUENTA	9

*Fuente:* Carlos Rengel

**Tabla 20:** Estadística descriptiva caudales (lts/seg) viernes

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA			
COLUMNA 5 - VIERNES			
MEDIA	4,913	MÍNIMO	4,378
MEDIANA	5,033	MÁXIMO	5,083
DESVIACIÓN	0,225	SUMA	44,220
		CUENTA	9

*Fuente:* Carlos Rengel

**Tabla 21:** Estadística descriptiva caudales (lts/seg) sábado

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA			
COLUMNA 6 - SÁBADO			
MEDIA	4,985	MÍNIMO	4,865
MEDIANA	4,980	MÁXIMO	5,093
DESVIACIÓN	0,081	SUMA	44,869
		CUENTA	9

*Fuente:* Carlos Rengel

**Tabla 22:** Estadística descriptiva caudales (lts/seg) domingo

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA			
COLUMNA 7 - DOMINGO			
MEDIA	4,437	MÍNIMO	4,292
MEDIANA	4,366	MÁXIMO	4,951
DESVIACIÓN	0,200	SUMA	39,929
		CUENTA	9

*Fuente:* Carlos Rengel

**Tabla 23:** Resumen de medias diarias de caudales

RESUMEN DE MEDIAS DIARIAS DE CAUDALES PTAR		
DÍA	COLUMNA	MEDIA lt/s
LUNES	1	4,516
MARTES	2	4,713
MIÉRCOLES	3	4,990
JUEVES	4	4,871
VIERNES	5	4,913
SÁBADO	6	4,985
DOMINGO	7	4,437

*Fuente:* Carlos Rengel

**Tabla 24:** Estadística descriptiva-medición de caudales-PTAR Relleno Sanitario

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA - MEDICIÓN DE CAUDALES - PTAR	
MEDIA	4,775
ERROR TÍPICO	0,246
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0,225
MÍNIMO	4,437
MÁXIMO	4,990
RANGO	0,554
SUMA	33,426
CUENTA	7

*Fuente: Carlos Rengel*

En base a los datos obtenidos mediante la investigación realizada en campo se pudo dar a notar que el valor máximo obtenido de datos de todas las semanas es de 5.057 lt/s. Todos estos valores se tomaron en cuenta para realizar una correcta evaluación de la PTAR del sector Relleno Sanitario

**Tabla 25.** Caudales de salida de la PTAR en lt/seg - semana 1

MEDICIÓN DE CAUDALES PTAR - (LTS/SEG) SALIDA							
PERIODO	SEMANA 1 SEMANA 1 05/09/2022 a 11/09/2022						
Hora de Medición	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
8:00	4,988	4,965	4,620	4,759	4,879	4,665	5,090
9:00	4,625	4,808	4,640	4,545	4,925	5,054	4,565
10:00	5,024	4,625	4,620	4,994	4,600	4,717	4,770
11:00	4,610	4,977	5,072	5,018	4,727	4,791	4,749
12:00	4,595	4,896	4,545	4,550	4,885	4,913	5,102
13:00	4,701	4,550	5,084	4,630	4,846	4,868	4,781
14:00	4,743	4,775	4,994	4,610	4,696	4,971	4,765
15:00	5,060	4,874	4,770	4,791	4,670	4,786	4,982
16:00	5,084	4,615	4,640	5,090	4,701	5,006	5,096

*Fuente: Carlos Rengel*

**Tabla 26.** Caudales de salida de la PTAR en lt/seg - semana 2

MEDICIÓN DE CAUDALES PTAR - (LTS/SEG) SALIDA							
PERIODO	SEMANA 2 12/09/2022 al 18/09/2022						
Hora de Medición	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
8:00	5,266	4,635	4,531	4,936	4,749	4,610	5,145
9:00	5,286	5,215	4,665	4,775	5,253	4,691	4,675
10:00	5,247	5,266	5,164	5,234	5,293	5,253	4,625
11:00	4,759	4,013	4,040	4,483	4,545	4,691	4,337
12:00	4,200	4,171	4,341	4,126	4,759	4,483	4,146
13:00	5,133	5,102	5,215	4,759	4,717	5,339	5,202
14:00	4,605	4,857	5,108	5,114	4,770	4,819	5,170
15:00	5,293	5,387	5,108	5,373	5,102	4,712	4,686
16:00	4,846	4,759	4,857	5,208	4,879	5,030	4,712

*Fuente: Carlos Rengel*

**Tabla 27.** Caudales de salida de la PTAR en lt/seg - semana 3

MEDICIÓN DE CAUDALES PTAR - (LTS/SEG) SALIDA							
PERIODO	SEMANA 3 19/09/2022 al 25/09/2022						
Hora de Medición	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
8:00	5,306	4,712	4,786	4,942	4,874	5,366	4,770
9:00	5,215	4,936	5,042	4,660	5,030	4,879	4,971
10:00	4,727	5,346	4,770	5,266	5,221	5,114	5,319
11:00	5,183	4,630	4,808	4,640	4,930	4,857	4,942
12:00	4,099	5,066	5,253	5,359	4,874	5,202	4,717
13:00	4,670	4,813	5,221	5,183	4,640	4,733	5,133
14:00	4,346	4,727	4,675	4,670	4,879	4,665	4,936
15:00	5,293	4,959	4,919	5,253	4,896	4,791	5,114
16:00	4,650	4,896	4,707	5,286	5,221	5,266	4,630

*Fuente: Carlos Rengel*

**Tabla 28.** Caudales de salida de la PTAR en lt/seg - semana 4

MEDICIÓN DE CAUDALES PTAR - (LTS/SEG) SALIDA							
PERIODO	SEMANA 4 26/09/2022 al 02/10/2022						
Hora de Medición	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
8:00	4,445	5,114	5,400	4,857	4,727	4,797	4,936
9:00	4,733	4,791	4,994	5,133	4,675	4,819	4,759
10:00	5,120	5,202	4,650	5,078	4,797	4,982	4,645
11:00	4,353	4,830	4,874	5,024	5,273	5,084	4,959
12:00	4,645	4,908	4,686	5,108	4,630	5,196	4,686
13:00	5,152	4,625	4,717	5,127	4,930	5,006	4,717
14:00	4,846	4,759	5,018	4,953	4,874	4,640	5,293
15:00	4,902	4,670	4,797	4,630	5,306	4,908	4,738
16:00	4,650	4,896	4,707	5,286	5,221	5,266	4,630

*Fuente: Carlos Rengel*

**Tabla 29.** Caudales de salida de la PTAR en lt/seg - semana 5

MEDICIÓN DE CAUDALES PTAR - (LTS/SEG) SALIDA		
PERIODO	SEMANA 5 03/10/2022 al 04/10/2022	
Hora de Medición	Lunes	Martes
8:00	4,493	4,830
9:00	4,545	4,625
10:00	4,368	4,390
11:00	4,660	4,863
12:00	4,106	4,640
13:00	4,660	4,191
14:00	4,691	4,337
15:00	4,483	4,146
16:00	4,122	4,175

*Fuente: Carlos Rengel*

**Tabla 30:** Caudales de salida de la PTAR en lt/seg

RESUMEN DE MEDICIÓN DE CAUDALES PTAR - (LTS/SEG)							
PERIODO	Desde el lunes 05 de septiembre hasta el martes 04 de octubre de 2022						
Hora de Medición	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
8:00	4,555	4,897	4,070	4,765	4,920	5,055	4,682
9:00	4,673	4,831	5,010	4,876	4,900	4,958	4,567
10:00	4,632	4,452	5,079	4,760	4,994	4,987	4,351
11:00	4,494	4,464	4,877	4,852	5,075	4,876	4,347
12:00	4,452	4,796	5,068	4,768	4,908	4,939	4,308
13:00	4,416	4,735	4,926	5,044	4,890	4,950	4,208
14:00	4,711	4,770	5,101	4,832	4,966	5,101	4,329
15:00	4,505	4,823	5,108	5,041	5,085	4,891	4,373
16:00	4,735	5,006	4,869	4,253	5,002	4,698	4,569

*Fuente:* Carlos Rengel

En la tabla anterior se apreció los caudales de salida de la PTAR donde se notó que el día con mayor caudal es el miércoles con una medida de 5.108 lt/s mientras que el menor caudal presento un valor de con 4.070 lt/s. Por lo que los elementos hidráulicos tienen una retención baja esto debido al conseguir datos promedio muy aproximados.

**Tabla 31:** Estadística descriptiva caudales (lts/seg) lunes

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA			
COLUMNA 1 – LUNES			
MEDIA	4,575	MÍNIMO	4,416
MEDIANA	4,555	MÁXIMO	4,735
DESVIACIÓN	0,117	SUMA	41,173
		CUENTA	9

*Fuente:* Carlos Rengel

**Tabla 32:** Estadística descriptiva caudales (lts/seg) martes

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA			
COLUMNA 2 – MARTES			
MEDIA	4,753	MÍNIMO	4,452
MEDIANA	4,796	MÁXIMO	5,006
DESVIACIÓN	0,184	SUMA	42,775
		CUENTA	9

*Fuente:* Carlos Rengel

**Tabla 33:** Estadística descriptiva caudales (lts/seg) miércoles

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA			
COLUMNA 3 - MIERCOLES			
MEDIA	4,901	MÍNIMO	4,070
MEDIANA	5,010	MÁXIMO	5,108
DESVIACIÓN	0,325	SUMA	44,108
		CUENTA	9

*Fuente:* Carlos Rengel

**Tabla 34:** Estadística descriptiva caudales (lts/seg) jueves

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA			
COLUMNA 4 - JUEVES			
MEDIA	4,799	MÍNIMO	4,253
MEDIANA	4,832	MÁXIMO	5,044
DESVIACIÓN	0,232	SUMA	43,192
		CUENTA	9

*Fuente:* Carlos Rengel

**Tabla 35:** Estadística descriptiva caudales (lts/seg) viernes

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA			
COLUMNA 5 - VIERNES			
MEDIA	4,971	MÍNIMO	4,890
MEDIANA	4,966	MÁXIMO	5,085
DESVIACIÓN	0,074	SUMA	44,740
		CUENTA	9

*Fuente:* Carlos Rengel

**Tabla 36:** Estadística descriptiva caudales (lts/seg) sábado

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA			
COLUMNA 6 - SABADO			
MEDIA	4,939	MÍNIMO	4,698
MEDIANA	4,950	MÁXIMO	5,101
DESVIACIÓN	0,115	SUMA	44,454
		CUENTA	9

*Fuente:* Carlos Rengel

**Tabla 37:** Estadística descriptiva caudales (lts/seg) domingo

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA			
COLUMNA 7 - DOMINGO			
MEDIA	4,415	MÍNIMO	4,208
MEDIANA	4,351	MÁXIMO	4,682
DESVIACIÓN	0,154	SUMA	39,734
		CUENTA	9

*Fuente:* Carlos Rengel

**Tabla 38:** Resumen de medias diarias de caudales

RESUMEN DE MEDIAS DIARIAS DE CAUDALES PTAR		
DIA	COLUMNA	MEDIA lt/s
LUNES	1	4,575
MARTES	2	4,753
MIERCOLES	3	4,901
JUEVES	4	4,799
VIERNES	5	4,971
SABADO	6	4,939
DOMINGO	7	4,415

*Fuente:* Carlos Rengel

**Tabla 39:** Estadística descriptiva-medición de caudales-PTAR Relleno Sanitario

ESTADISTICA DESCRIPTIVA - MEDICION DE CAUDALES - PTAR	
MEDIA	4,765
ERROR TÍPICO	0,224
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0,205
MÍNIMO	4,415
MÁXIMO	4,971
RANGO	0,556
SUMA	33,353
CUENTA	7

*Fuente:* Carlos Rengel

La estadística descriptiva enseñada en las tablas anteriormente es utilizada en plantas de tratamiento de aguas residuales para describir y resumir los datos obtenidos a partir de las mediciones de las características del agua residual y para evaluar el rendimiento

de la planta de tratamiento. Se utilizan medidas como la media, la desviación estándar, el error típico, etc. para describir la distribución de los datos y para identificar tendencias o patrones en los datos que pueden ayudar a mejorar el diseño y la operación de la planta. Además, la estadística descriptiva se utiliza para comparar los resultados de las mediciones con los estándares de calidad del agua y para evaluar la eficacia de los procesos de tratamiento en la eliminación de contaminantes.

De la misma manera los datos obtenidos del caudal de salida se pudieron dar a notar que el valor máximo de datos de todas las semanas es de 5.114 lt/s. Estos valores también fueron tomados en cuenta para realizar una correcta evaluación de la PTAR del sector Relleno Sanitario. A continuación, se enseñará fotografías de los elementos de la planta de tratamiento, así como la medición de los caudales presentados en las tablas anteriores.



*Figura 7. Caudal de ingreso de la PTAR*

*Fuente: Carlos Rengel*



*Figura 8. Caudal de salida de la PTAR*

*Fuente: Carlos Rengel*

### **Toma de muestras**

Para realizar la toma de muestras de la PTAR se aplicó la metodología experimental ya que las muestras se tomaron el día miércoles 12-10-2022 a las 10:00 am (este fue el día y la hora con un caudal mayor en comparación al resto de días) siguiendo así los lineamientos establecidos en el Instituto Ecuatoriano de Normalización con su norma NTE INEN 2176:98 Agua, calidad de agua, muestreo y técnicas de muestreo[24].



*Figura 9. Recolección de las muestras de agua residual obtenidas en la PTAR*

*Fuente: Carlos Rengel*

Luego de haber recolectado las muestras de los caudales tanto de entrada como de salida estos fueron transportados al Laboratorio de Servicios Ambientales de la UNACH en el que se realizaron la identificación de y análisis de las características más relevantes de la misma manera siguiendo con la normativa NTE INEN 2169:98 Agua, calidad de agua, muestreo, manejo y conservación de las muestras[25].



*Figura 10. Conservación y transporte de las muestras de agua residuales de la PTAR*

*Fuente: Carlos Rengel*

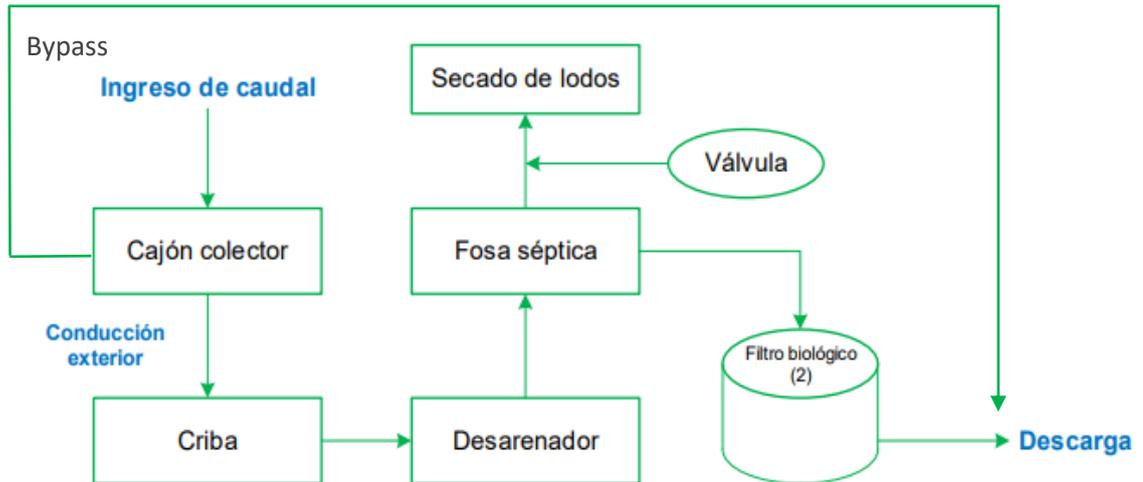
### **Etapa III Investigación de laboratorio**

Los resultados de laboratorio obtenidos se tomarán a consideración en el siguiente capítulo, así como sus anexos en la parte final del trabajo.

### **Etapa IV Análisis y verificación del funcionamiento de la PTAR**

La PTAR a día de hoy recibe aguas de la parroquia Presidente Urbina, analizando la parte estructural de la misma se pudo notar que esta se encuentra en muy buen estado, con algunas fallas que podrían considerarse estéticas, pero que no han afectado el funcionamiento de la misma.

La planta cuenta con un tren de tratamiento que incluye un tanque séptico, dos filtros anaerobios de flujo ascendente (FAFA) y un pozo de salida que en el siguiente capítulo se detallaran más a fondo. Cabe mencionar que la PTAR en cuestión si cuenta con un cerramiento lo que garantiza la seguridad de los componentes.



**Figura 11.** Etapas actuales del sistema de tratamiento de aguas residuales

*Fuente:* Carlos Rengel

### Tanque repartidor de caudales

Este elemento de la PTAR consiste en un tanque al cual ingresan aguas residuales provenientes del sistema de alcantarillado de la parroquia Presidente Urbina que se vierten en la planta del Relleno Sanitario. En el cual se notó la existencia de algunos sólidos de diferentes tamaños este se puede deber a la falta de mantenimiento, lo que provoca fallas en lo concerniente al tratamiento de aguas residuales.

La estructura del tanque no presenta ni fallas internas ni externas y se encuentra en buen estado parcial. No se han detectado fisuras ni grietas en el hormigón. La parte hidráulica funciona adecuadamente y transporta el caudal sin problemas. Sin embargo, se ha notado la presencia de maleza y malos olores en su entorno.



**Figura 12.** Tanque Repartidor de la PTAR

*Fuente:* Carlos Rengel

### **Tanque séptico**

El elemento en cuestión se encuentra parcialmente atendido ya que no se nota un deterioro preocupante, sin embargo, existe una gran presencia de malos olores que pueden ser molestos para habitantes o trabajadores que deben pasar largos periodos cerca de la PTAR, así mismo se nota lodos alrededor de la misma esto puede deberse a que cuando llueve las FAFAS suelen desbordarse y dejan zonas llenas del fango ya mencionado.



*Figura 13. Tanque séptico de la PTAR*

*Fuente: Carlos Rengel*

### **Filtro anaeróbico de flujo ascendente 1**

Estos elementos están contruidos con forma cilíndrica, recogen el agua proveniente del tanque séptico esto sucede a través de la tubería PVC, posteriormente el líquido en cuestión es trasladado a una caja de revisión. El funcionamiento de este filtro no cumple con los requerimientos necesarios para el tratamiento de aguas residuales debido a que tiene una notaría falta de mantenimiento.



*Figura 14. Filtro anaerobio de flujo ascendente 1 de la PTAR*

*Fuente: Carlos Rengel*

## **Filtro anaeróbico de flujo ascendente 2**

El segundo filtro de la PTAR al igual que la anterior presenta una notable falta de mantenimiento debido ya que esta presenta una gran presencia de lodos dentro de los filtros, así mismo se llega a percibir malos olores provenientes de los mismos.



*Figura 15. Filtro anaerobio de flujo ascendente 2 de la PTAR*

*Fuente: Carlos Rengel*

## **Lecho de secado de lodos**

El lecho de secados se encuentra en buen estado ya que según informan los trabajadores del relleno sanitario este tiene un mantenimiento semanal en el cual se evacua todos los lodos generados por la PTAR.

Lo que se pudo notar es que alrededor de este elemento se encuentra gran cantidad de vegetación que no ha sido retirada del sitio en los mantenimientos que se realizan lo que disminuye la vida útil de la planta de tratamiento.



*Figura 16. Lecho de secado de lodos de la PTAR*

*Fuente: Carlos Rengel*

## CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1. Análisis y discusión de los resultados

#### 3.1.1. Levantamiento de información

El sector Relleno Sanitario perteneciente a la parroquia Presidente Urbina del cantón Santiago de Píllaro Provincia de Tungurahua. Cuya actividad económica se basa en el Sector primario (Agricultura, Ganadería, Silvicultura y Pesca). La Planta que recolecta las aguas residuales del sector ya mencionada está en funcionamiento desde el año 2016. La entidad encargada de su construcción fue el GAD municipal de Santiago de Píllaro mientras que su mantenimiento y operación está a cargo de la Dirección de Obras Públicas. En la visita de campo se notó que la PTAR ha recibido un escaso mantenimiento, por lo que se pudo constatar existía una gran cantidad de lodos alrededor de los filtros y del tanque séptico, además de percibir malos olores provenientes de estos.

La planta en cuestión está compuesta por los siguientes procesos que influyen en el tratamiento de aguas residuales:

- *Cajón repartidor de caudales:* a este elemento ingresan distintos tipos de solidos de diferentes tamaños, pero estos suelen quedar atrapados en la rejilla y cuando no existe el mantenimiento adecuado estos pueden llegar a acumularse y ser molestos en el proceso de la PTAR.
- *Tanque séptico:* en este se pudo observar la presencia de lodos en alrededor de la estructura y se llegó a percibir malos olores que este genera
- *Filtro ascendente 1 y 2:* así mismo en estos elementos se notó la presencia de malos olores y lodos en su alrededor que según moradores estos se generan en los días de lluvias al desbordarse los filtros.

Al momento de realizar la metodología volumétrica esta nos ayudó con la identificación de la capacidad que se generó en la PTAR del trabajo experimental con un rango de 30 días para la medición de los caudales obteniendo así un mayor número de valores. Con la recolección de los datos ya presentados en la parte de metodología se logró determinar que el caudal máximo horario es de 5.114 lt/s ya que este es el valor que se obtuvo del día miércoles en donde el caudal de ingreso y salida tuvo un valor mayor en comparación al resto de días.

Con la recolección de datos acerca de la zona en donde se encuentra ubicada la planta de tratamiento, se pudo establecer cuáles fueron algunas de las fallas que se encontraron en el proceso del tratamiento de aguas residuales. Los valores obtenidos nos ayudan a crear parámetros de diseño lo cual es una de las bases fundamentales en la evaluación del actual funcionamiento y de ser necesario el redimensionamiento de los elementos de la planta.

La evidencia del trabajo que se realizó queda en constancia en los anexos que se presentarán posteriormente en el presente trabajo, del mismo modo también se proveerá planos en A1 donde se aprecia la ubicación de la PTAR y el detalle de las medidas actuales de los componentes hidráulicos que conforman la misma esto con el dimensionamiento que se hizo en campo.

### **3.1.2. Análisis de resultados de laboratorio**

A la planta de tratamiento del sector Relleno Sanitario de la parroquia Presidente Urbina ingresan aguas servidas del sistema de alcantarillado que provienen en su mayoría de viviendas aledañas a la zona. Para realizar una caracterización se procedió con un muestreo el día 12-10-2022 a las 10:00 am en la parte de ingreso y salida de la PTAR, de la cual se obtuvo dos especímenes.

Para el transporte y la toma de muestras se tuvo que cumplir con la normativa NTE INEN 2176 y NTE INEN 2169, estos especímenes fueron llevados al Laboratorio de Servicios Ambientales de la UNACH para proceder con el análisis físico – químico de afluente y efluente, cuyos resultados serán presentados en el anexo 2 del presente trabajo experimental.

En la tabla 30 se comparó los resultados obtenidos de las muestras llevada al laboratorio de la UNACH con los valores límites establecidos para descargas de agua residual tratada a un cuerpo de agua dulce, en la normativa TULSMA 2015, Libro VI Anexo 1 – Tabla 9. Así se pudo comparar si la PTAR cumple los criterios de DBO<sub>5</sub>, DQO, pH, Sólidos Suspendidos y Sólidos Totales.

**Tabla 40. Resultados de Análisis del Agua Residual**

Parámetro	Unidad	Método/Procedimiento	Líquido de ingreso (Afluente)	Líquido de salida (Efluente)	TULSMA (Límite máximo)	Cumple
pH	-	PE-LSA-01	7,24	6,67	6 - 9	SI
DQO	mg/L	STANDARD METHODS 5220 - D	285	263	200	NO
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /L	STANDARD METHODS 5210 - B	168	116	100	NO
Solidos Suspendidos	mg/L	STANDARD METHODS 2540 - D	162	139	130	NO
Solidos Totales	mg/L	STANDARD METHODS 2540 B	482	358	1600	SI

*Fuente: Carlos Rengel*

A continuación, también se mostrará el porcentaje de eficiencia de remoción para cada uno de los parámetros que se están analizando para esto se hizo uso de la ecuación 1 ya presentada en la metodología, esta nos permite determinar la eficacia con la que la PTAR trata las aguas residuales que ingresan. Dando un mejor diagnóstico del proceso que se está realizando en la misma en la tabla 31 se muestran con mayor claridad los porcentajes mencionados.

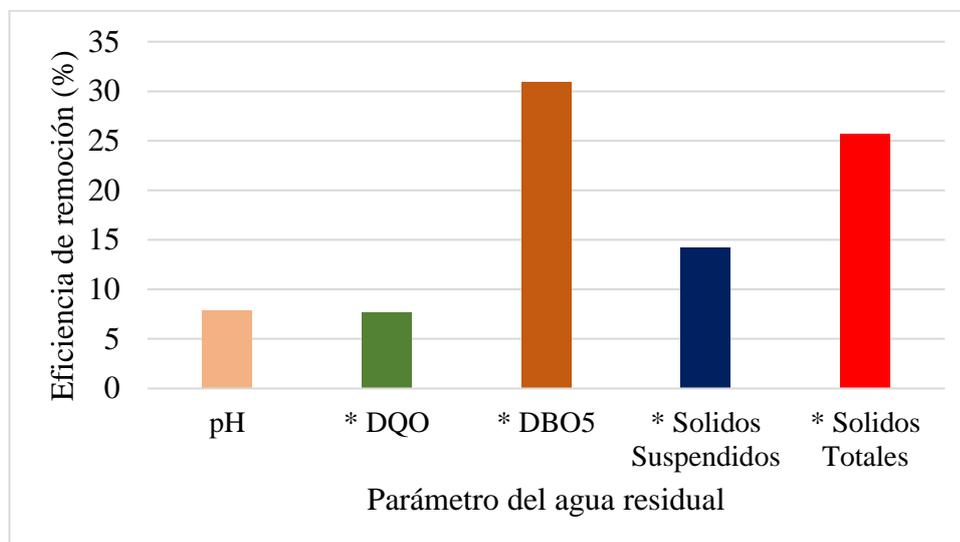
**Tabla 41. Porcentaje de eficiencia de remoción de parámetros físicos y químicos de la PTAR del sector Relleno Sanitario**

Parámetro	Unidad	Líquido de ingreso (Afluente)	Líquido de descarga (Efluente)	% eficiencia de remoción
pH	-	7,24	6,67	7,87
DQO	mg/L	285	263	7,72
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /L	168	116	30,95
Solidos Suspendidos	mg/L	162	139	14,20
Solidos Totales	mg/L	482	358	25,73

*Fuente: Carlos Rengel*

Se puede notar en la tabla 30 comparativa ya presentada que los parámetros obtenidos de las muestras enviadas a laboratorio no cumplen con los lineamientos establecidos en la normativa TULSMA, ya que superan los límites permitidos por la norma en cuestión en especial los valores del DQO, DBO<sub>5</sub> y solidos suspendidos, no obstante,

todos muestran una disminución en cada valor presentado eso puedo notar en el porcentaje de eficiencia de remoción tabla 31.



*Figura 17. Representación gráfica del porcentaje de eficiencia de remoción de parámetros físicos – químicos de*

*Fuente: Carlos Rengel*

Los resultados que se obtuvieron dan a notar que los parámetros no se han cumplido, independientemente de contar con todos los elementos hidráulicos que estructuralmente se encuentran en buen estado, esto nos dice que los lineamientos establecidos no se cumplen debido a una falta de mantenimiento de la planta además que estos no se superan por mucho.

Hay que tomar en cuenta que la PTAR si está realizando el trabajo de remoción de la carga contaminante del agua que ingresa en comparación al agua de salida, aun así, es necesario constatar cada uno de los componentes y procesos que realiza la planta. Para poder proponer un rediseño del tren de tratamiento según los elementos que no se están desempeñando de manera adecuada.

### **3.1.3. Diagnóstico técnico actual de la PTAR**

Una vez que fue recogida toda la información acerca del dimensionamiento de la planta de tratamientos de aguas residuales del sector Relleno Sanitario in situ se pudo tomar nota de todas las medidas de cada uno de los componentes de la planta, así como del tren de descontaminación, y las condiciones en que cada uno de estos se encuentran al momento de realizar el tratamiento de las aguas servidas. En el siguiente apartado se identificó el estado de cada uno de los procesos del tratamiento.

### 3.1.3.1. Dimensiones de los componentes de la PTAR

#### 3.1.3.1.1. Cajón Recolector

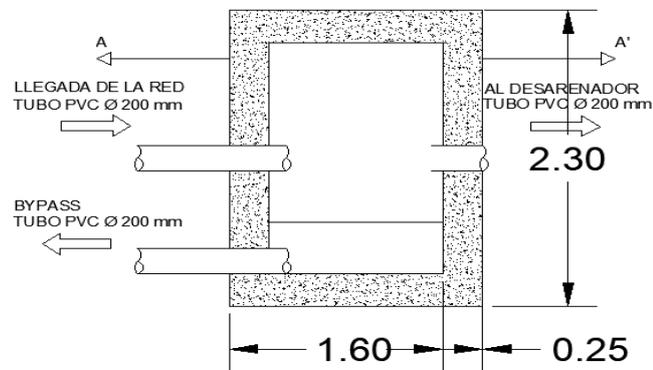
Este elemento está constituido por una estructura rectangular compuesta de acero y hormigón esta recoge las aguas residuales provenientes del sistema de alcantarillado del sector Relleno Sanitario de la parroquia Presidente Urbina mediante una tubería de 200 mm de diámetro. Además, consta de dos salidas de igual manera con una tubería de 200 mm cada una. La primera pasa por el cajón séptico y el segundo por un by-pass que desemboca en una quebrada aledaña.

*Tabla 42. Dimensiones del cajón repartidor*

Parámetro	Valor	Unidad
Largo	2,30	m
Ancho	1,60	m
Altura	1,60	m
Espesor de pared	0,25	m

*Fuente: Carlos Rengel*

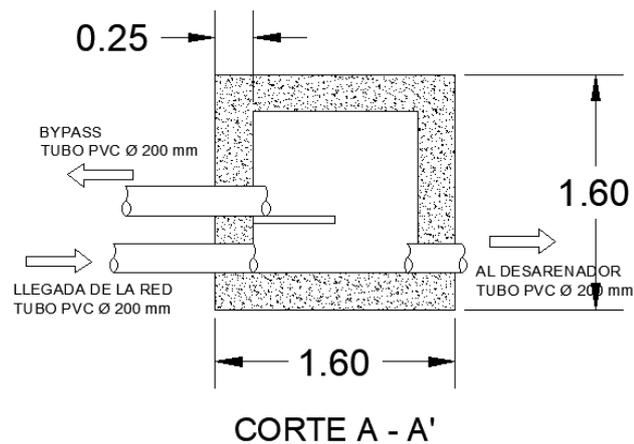
Se adjunta el diseño del cajón repartidor con sus respectivas dimensiones en una vista en planta y su respectiva sección longitudinal



**CAJON COLECTOR**

*Figura 18. Vista en Planta del tanque repartidor de caudales*

*Fuente: Carlos Rengel*



*Figura 19. Vista de corte longitudinal del tanque repartidor de caudales*

*Fuente: Carlos Rengel*

### 3.1.3.1.2. Desarenador

El desarenador es una de las principales estructuras de la PTAR se encuentra ubicada después del cajón recolector y tiene como función de depurar partículas como arenas, gravas e incluso material orgánico de cierto tiempo de tamaño de aguas residuales que ingresan del sistema de alcantarillado de la parroquia Presidente Urbina.

*Tabla 43. Dimensiones del Desarenador*

Parámetro	Valor	Unidad
Largo	4,45	m
Ancho	0,95	m
Altura	0,82	m
Espesor de pared	0,25	m

*Fuente: Carlos Rengel*

En la figura 20 y 21 se muestran la vista en planta y el corte transversal del componente antes mencionado, así como las dimensiones que presentan cada uno de ellos estos datos posteriormente nos ayudaran con la evaluación estructural del elemento.

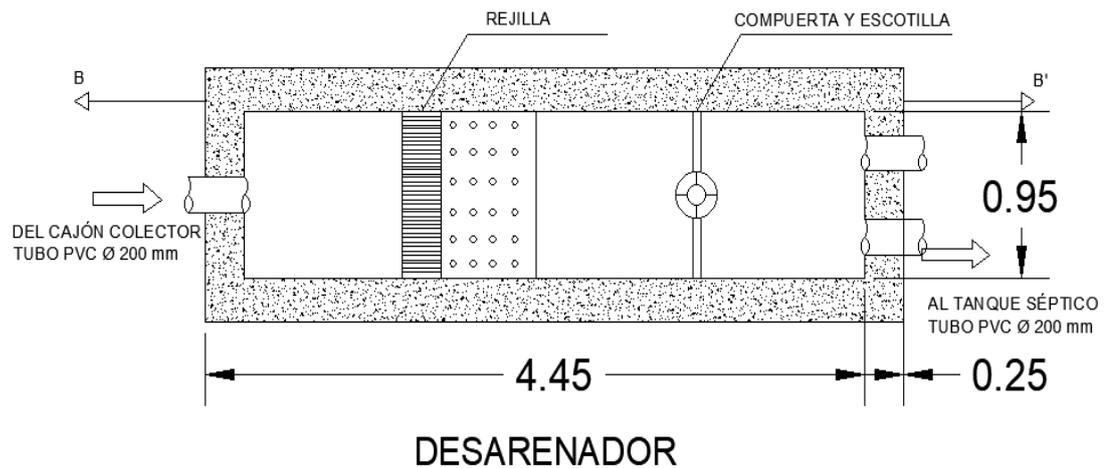


Figura 20. Vista en planta del desarenador

Fuente: Carlos Rengel

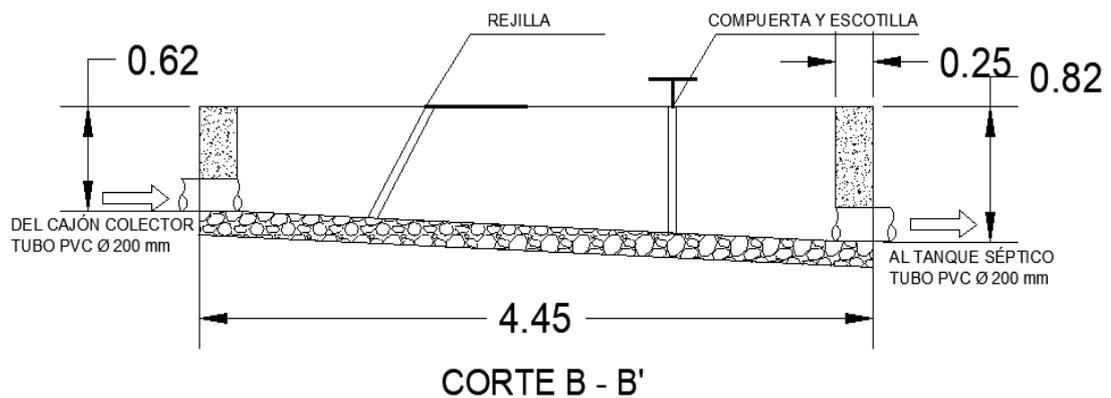


Figura 21. Vista lateral del desarenador

Fuente: Carlos Rengel

### 3.1.3.1.3. Tanque séptico

Este componente es una unidad de tratamiento secundario, consta de una cámara que cuyo volumen aproximado es de  $256 \text{ m}^3$ , además posee una válvula para el librado de lodos los cuales son removidos en el lecho de secado de lodos mientras que el líquido a tratar pasa a los filtros biológicos mediante una tubería de 200 mm de diámetro. A continuación, se muestra las dimensiones del tanque séptico.

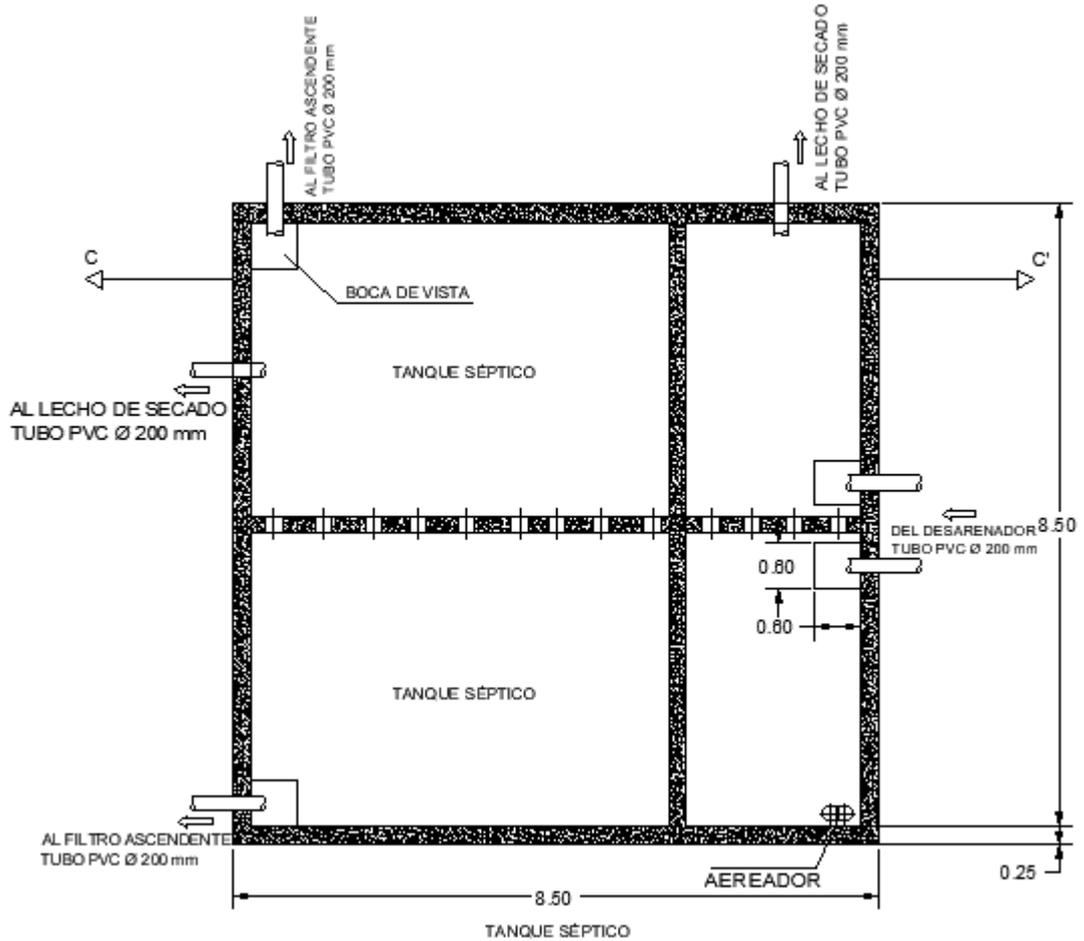
Tabla 44. Dimensiones del tanque séptico

Parámetro	Valor	Unidad
Largo	8,50	m
Ancho	8,50	m
Altura	4	m

Espesor de pared	0,25	m
------------------	------	---

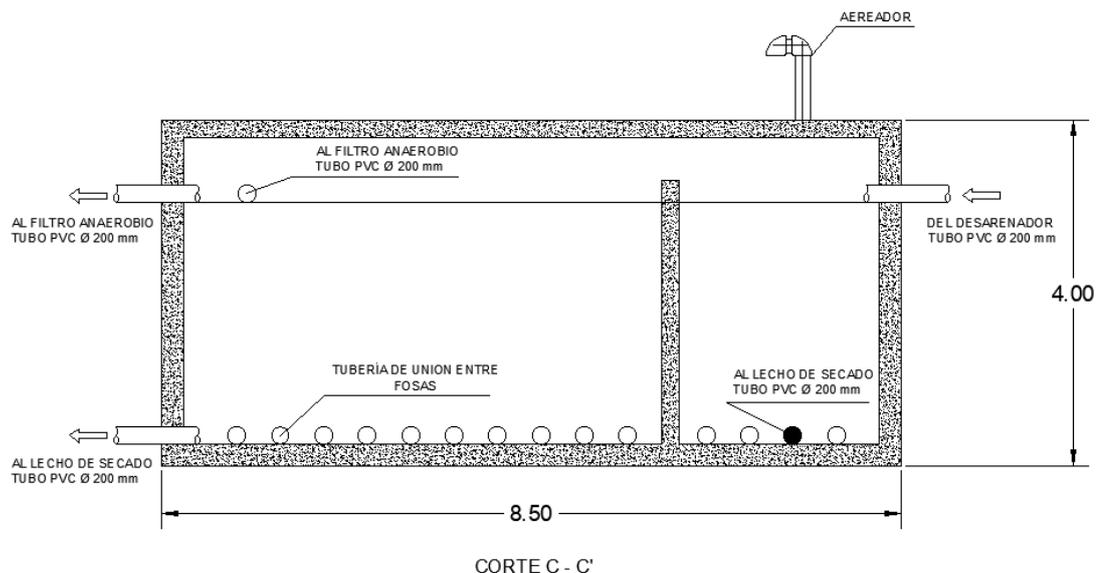
*Fuente: Carlos Rengel*

Del mismo modo la figura 20 se mostrará la vista en planta del diseño del tanque con sus respectivas dimensiones, además de las tuberías de ingreso y salida. Por otro lado, la figura 21 mostrara la vista longitudinal del elemento con su respectivo aireador.



**Figura 22.** Vista en planta del tanque séptico

*Fuente: Carlos Rengel*



**Figura 23.** Vista de corte longitudinal del tanque séptico

*Fuente:* Carlos Rengel

### 3.1.3.1.4. Filtro anaerobio de flujo ascendente

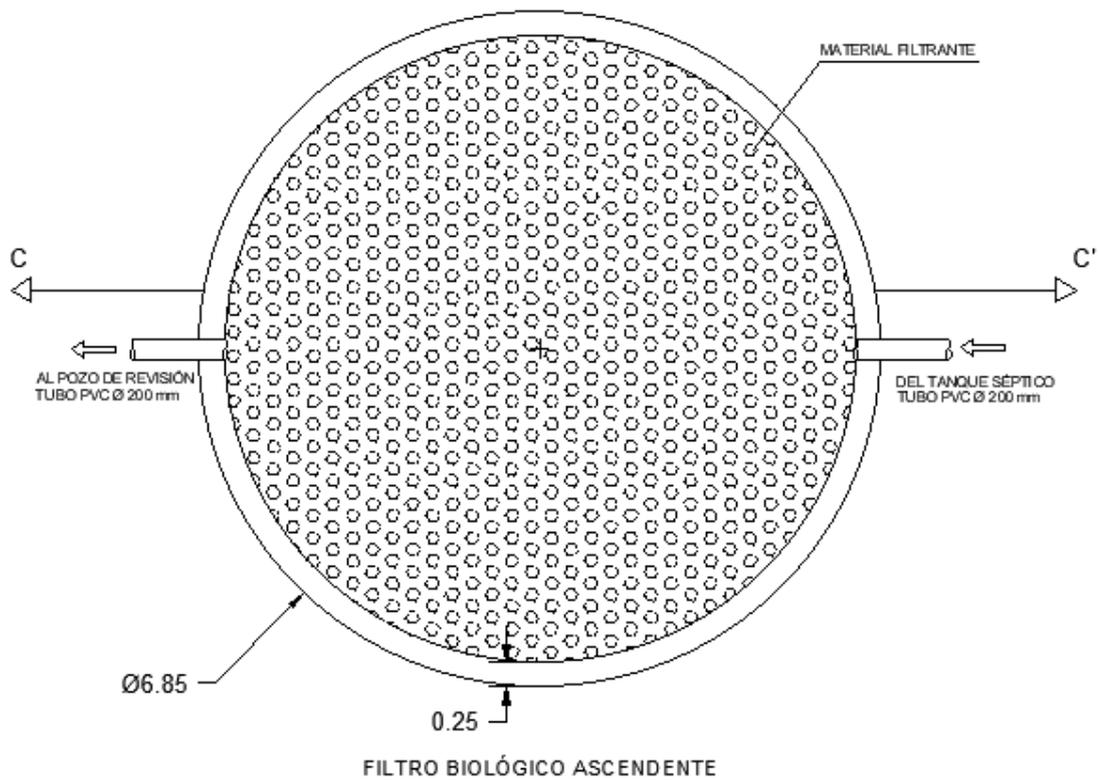
La PTAR consta de dos filtros ascendente estos poseen una forma circular, estos tienen una capacidad aproximada de 88 m<sup>3</sup> de volumen cada uno. A estos elementos llega el agua tratada previamente en del tanque séptico y su función principal es la de pulimento. Una vez que pasan por estos se descargan a través de una tubería de 200 mm de diámetro.

**Tabla 45.** Dimensiones del filtro anaerobio de flujo ascendente

Parámetro	Valor	Unidad
Diámetro del filtro	6.85	m
Altura del filtro	2,40	m
Borde libre	0,30	m
Espesor de pared	0,25	m

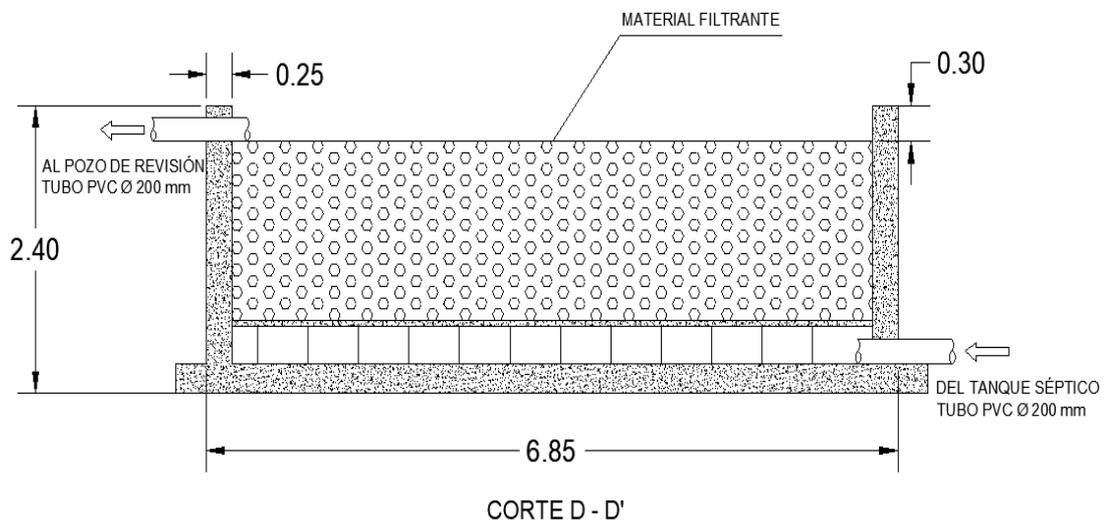
*Fuente:* Carlos Rengel

En la siguiente figura se enseña las vistas del filtro tanto de su sección lateral, así como su vista en planta, además que se puede apreciar con mayor particularidad las peculiaridades del filtro además de sus acotaciones.



*Figura 24. Vista en planta del filtro ascendente*

*Fuente: Carlos Rengel*



*Figura 25. Vista de corte longitudinal del filtro ascendente*

*Fuente: Carlos Rengel*

### 3.1.3.1.5. Lecho de secado de lodos

El elemento en cuestión está conformado por dos cámaras las que fueron diseñadas para recoger los lodos desechados por el tanque séptico. Estas descargas se realizan a

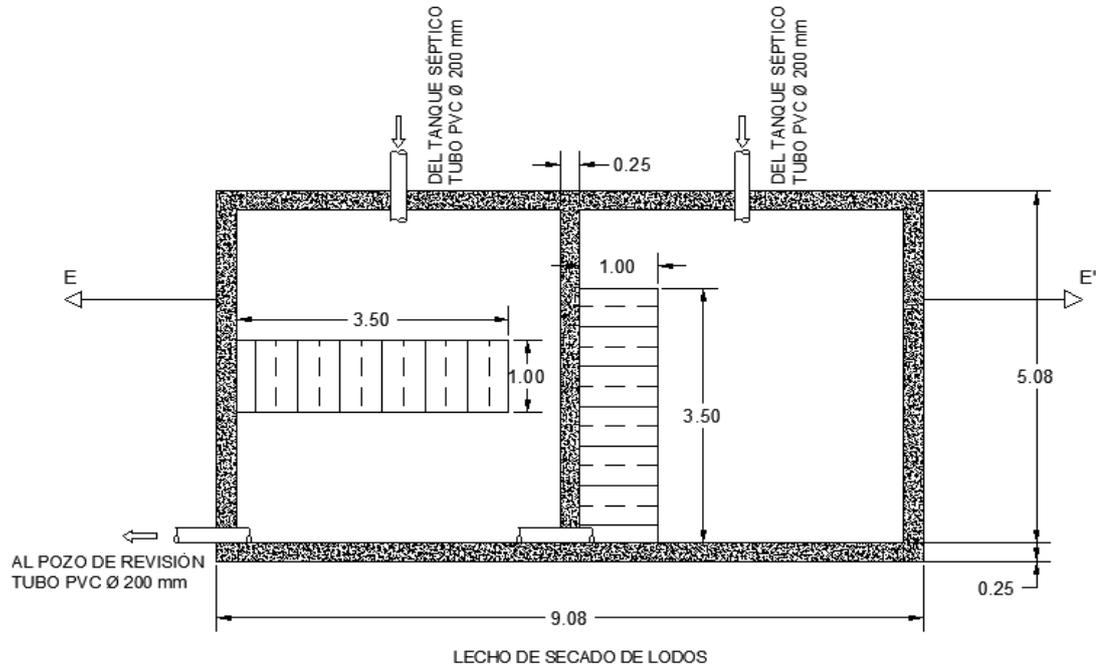
través de tuberías de 200 mm de diámetro. Cada elemento posee un volumen aproximado de 24 m<sup>3</sup>.

**Tabla 46.** Dimensiones del lecho de secado de lodos

Parámetro	Valor	Unidad
Largo	9,08	m
Ancho	5,08	m
Altura	1,05	m
Espesor de pared	0,25	m

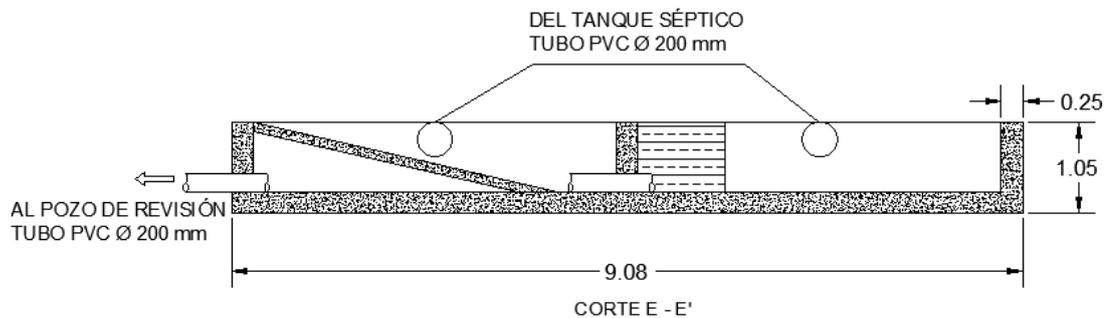
*Fuente:* Carlos Rengel

En las siguientes figuras se observa el detalle del lecho de secado de lodos. Al igual que las anteriores figuras estas se muestran en planta y en corte transversal.



**Figura 26.** Vista en planta del lecho de secado de lodos.

*Fuente:* Carlos Rengel



**Figura 27.** Vista de corte transversal del lecho de secado de lodos

*Fuente:* Carlos Rengel

### **3.1.3.2. Comparación en base a normas específicas**

#### **3.1.3.2.1. Diagnóstico del funcionamiento del cajón recolector**

La principal función de este elemento consiste en detener material sólido que entre a la PTAR. Este componente no ha presentado ningún inconveniente en su función como aporte al tren de depuración del agua residual.

Esta unidad no puede compararse con normas específicas ya que es considerado como un conector del sistema de alcantarillado de la zona hacia la planta de tratamiento más específicamente al desarenador de la misma.

#### **3.1.3.2.2. Diagnóstico del funcionamiento del desarenador.**

Para la comprobación del desarenador se tuvo que obtener datos tanto de temperatura en el que se obtuvo un valor de 15 °C, como el diámetro de las partículas del elemento a analizar que tienen un dato promedio de 0.2 mm, mientras que parámetros como la viscosidad cinemática, peso específico, densidad relativa y el factor que se basa en función al diámetro de las partículas del desarenador fueron considerados en base al *“Manual de la Organización Panamericana de la Salud 2005”*[26].

A continuación, se presenta el diseño de la unidad en base a la normativa para su comparación con la existente:

Datos:

Diámetro de la partícula (d) 0.2 mm

Caudal de diseño (Q) = 5.114 lt/s

Densidad relativa de la arena ( $\rho_s$ ) = 2.65

Temperatura (T) = 15 °C

Peso específico de las partículas ( $\lambda_s$ ) = 2.65 g/cm<sup>3</sup>

Viscosidad cinemática  $n = 1.1457 \times 10^2$  cm<sup>2</sup>/seg

Factor en función del diámetro (a) = 44

#### **○ Cálculo de la velocidad del desarenador**

$$V_s = \frac{1}{18} * g * \left( \frac{\rho_s - 1}{n} \right) * d^2$$

$$V_s = \frac{1}{18} * 981 \frac{cm}{s^2} * \left( \frac{2.65 - 1}{1.1457 * 10^{-2} \frac{cm^2}{s}} \right) * (0.02 \text{ cm})^2$$

$$V_s = 3.14 \frac{cm}{s}$$

○ **Cálculo de Reynolds**

$$Re = \frac{V_s * d}{n}$$

$$Re = \frac{3.14 \frac{cm}{s} * 0.020 \text{ cm}}{1.1457 * 10^{-2} \frac{cm^2}{s}}$$

$$Re = 5.48$$

$$5.48 < 5 \leftrightarrow \text{No cumple}$$

Ya que el número de Reynolds no cumple los parámetros establecidos se debe realizar un reajuste a la velocidad del desarenador.

○ **Término del diámetro**

$$\left[ \frac{g(ps - 1)}{n^2} \right] * d$$

$$\left[ \frac{981 \text{ cm/seg}^2 (2.65 - 1)}{\left( 1.1457 * 10^{-2} \frac{cm^2}{seg} \right)^2} \right] * 0.02 = 4.62 \text{ cm}$$

○ **Término de la velocidad del desarenador**

$$\frac{V_s}{[g(ps - 1)]^{\frac{1}{3}}} = 1$$

$$V_s = 1 * [g(ps - 1)]^{\frac{1}{3}}$$

$$V_s = 1 * \left[ 981 \frac{cm}{seg^2} * (2.65 - 1) * 1.1457 * 10^2 \frac{cm^2}{seg} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$V_s = 2.65 \text{ cm/seg}$$

○ Nueva comprobación del número de Reynolds

$$Re = \frac{Vs * d}{\nu}$$

$$Re = \frac{2.65 \frac{cm}{s} * 0.020 cm}{1.1457 * 10^{-2} \frac{cm^2}{s}}$$

$$Re = 5.48$$

$$4.62 < 5 \leftrightarrow Ok \text{ cumple}$$

Se encuentra dentro del rango permitido

○ Coeficiente de arrastre

$$C_D = \frac{24}{Re} + \frac{3}{\sqrt{Re}} + 0.34$$

$$C_D = \frac{24}{4.62} + \frac{3}{\sqrt{4.62}} + 0.34$$

$$C_D = 6.18$$

Con base en el coeficiente de arrastre se calcula la velocidad del sedimentador

$$Vs = \sqrt{\frac{4}{3} * \frac{g}{C_D} (ps - 1) * d}$$

$$Vs = \sqrt{\frac{4}{3} * \frac{981 \frac{cm}{seg^2}}{6.18} (2.65 - 1) * 0.02 cm}$$

$$Vs = 2.64 \frac{cm}{seg} \rightarrow 0.026 \frac{m}{seg}$$

○ Velocidad critica de arrastre

$$Vd = a * \sqrt{d}$$

El valor del coeficiente “a” se lo realiza en función del diámetro de la partícula según la tabla

**Tabla 47.** Valores del coeficiente "a"

a	Diámetro
36	$d > 1 \text{ mm}$
44	$1 \text{ mm} > d > 0.1 \text{ mm}$
51	$d < 0.1 \text{ mm}$

**Fuente:** Texto guía de obras hidráulicas menores 2004[27]

$$Vd = 44 * \sqrt{0.2}$$

$$Vd = 19.68 \frac{\text{cm}}{\text{seg}}$$

$$Vd = 0.1968 \frac{\text{m}}{\text{seg}}$$

- Área transversal del desarenador

$$A_{trans} = \frac{Qd}{Vd}$$

$$A_{trans} = \frac{0.005114 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}}{0.1968 \frac{\text{m}}{\text{seg}}}$$

$$A_{trans} = 0.03 \text{ m}^2$$

- Dimensiones del desarenador

Se debe tomar en cuenta una relación de ancho – profundidad equivalente a  $1.5 \rightarrow 1$ [26]

$$B = 1.5 * h$$

Altura de sedimentador

$$A_{trans} = B * h$$

$$A_{trans} = 1.5 * h * h$$

$$h = \sqrt{\frac{A_{trans}}{1.5}}$$

$$h = \sqrt{\frac{0.03 \text{ m}^2}{1.5}}$$

$$h = 0.14$$

Se asume una altura (h) = 0.40

$$B = 1.5 * 0.40$$

$$B = 0.60$$

○ **Longitud del desarenador**

$$L = \frac{Vd * h}{Vs - 0.04 * Vd}$$

$$L = \frac{0.1968 \frac{m}{seg} * 0.40 m}{0.026 \frac{m}{seg} - 0.04 * 0.1968 \frac{m}{seg}}$$

$$L = 4.34 m \rightarrow 4.30 m$$

○ **Longitud de transición**

El ángulo de transición recomendado es de  $\alpha = 12^\circ 30'$

$$Lt = \frac{B - b}{2 * \tan \alpha}$$

$$Lt = \frac{0.60 m - 0.40 m}{2 * \tan 12^\circ 30'}$$

$$Lt = 0.45$$

$$Lt = 0.50$$

Condición:

$$Lt < \frac{L}{3}$$

$$0.50 < \frac{4.30 m}{3}$$

$$0.50 < 1.43 \rightarrow ok \text{ cumple}$$

○ **Retención hidráulica**

$$TRH = \frac{h}{Vs}$$

$$TRH = \frac{0.40 \text{ m}}{0.026 \frac{\text{m}}{\text{seg}}}$$

$$TRH = 15.35 \text{ seg}$$

○ **Periodo de desplazamiento**

$$Td = \frac{L}{Vd}$$

$$Td = \frac{4.30 \text{ m}}{0.1968 \frac{\text{m}}{\text{seg}}}$$

$$Td = 21.85 \text{ seg}$$

$$Td > TRH$$

$$21.85 \text{ seg} > 15.35 \text{ seg ok cumple}$$

**Tabla 48.** Comparación de parámetros de diseño y valores actuales - Desarenador

Unidad	Parámetros de diseño	Valores teóricos	Valores actuales	Cumple
Desarenador	Volumen (m <sup>3</sup> )	1.032	3.47	SI
	Longitud (m)	4.30	4.45	SI
	Ancho (m)	0.60	0.95	SI
	Altura (m)	0.40	0.82	SI

*Fuente: Carlos Rengel*

### 3.1.3.2.3. Diagnóstico del funcionamiento del tanque séptico

Para determinar si el elemento en cuestión se tienen un funcionamiento adecuado a los requerimientos establecidos se tuvo que realizar la comparación de su diseño de acuerdo al “Manual de la Organización Panamericana de la Salud 2005”, esto debido a que en este existen fórmulas y volares críticos de gran importancia que aplican en zonas tanto rurales como urbanas. También, tiene lineamientos acerca de fosas sépticas, tanques IMHOFF y también lagunas estabilizadoras de las plantas que nos ayudaran a tener un criterio adecuado acerca de su correcta construcción[28].

Por tal motivo, se ha realizado el diseño del tanque séptico en base a los datos obtenidos como son población, además, se basó en especificaciones normadas, resaltando el número de personas que son usuarios del sistema de alcantarillado que

son 3034 aproximadamente haciendo un cálculo basado en la población de diseño (obtenida del catastro del Gad Municipal de Píllaro)[29].

Además, cada uno de los pobladores posee un consumo diario de 75 lt/hab\*día este valor se referencia en las tablas 35 y 36 mostradas a continuación.

*Tabla 49. Niveles de servicio para sistemas de abastecimiento de agua, disposición de excretas y residuos líquidos.*

Nivel de Servicio	Sistema	Descripción
0	AP EE	Sistemas individuales. Diseñar de acuerdo a las disponibilidades técnicas, usos previstos del agua, preferencias y capacidad económica del usuario.
la	AP EE	Grifos públicos Letrinas sin arrastre de agua
lb	AP AP	Grifos públicos más unidades de agua para lavado de ropa y baño Letrinas sin arrastre de agua
lla	AP EE	Conexiones domiciliarias, con un grifo por casa Letrinas con o sin arrastre de agua
llb	AP ERL	Conexiones domiciliarias, con más un grifo por casa Sistema de alcantarillado
Simbología utilizada: AP: Agua potable EE: Eliminación de excretas ERL: Eliminación de residuos líquidos		

*Fuente: TABLA 5.2 Norma CO 10.7 -602 Secretaría del Agua[29].*

*Tabla 50. Dotaciones de agua para los diferentes niveles de servicio.*

Niveles de Servicio	Clima FRÍO	Clima CALIDO
	lt/hab*día	lt/hab*día
la	25	30
lb	50	65
lla	60	85
llb	75	100

*Fuente: TABLA 5.3 Norma CO 10.7 -602 Secretaría del Agua[29].*

- a) Cálculo de contribución de aguas residuales por contribuyente

$$Q = C * D_a$$

C= Coeficiente de retorno (70 -80) obtenida de EMAAP-Q → 0.7%

D<sub>a</sub>= Dotación actual Norma Co 10.7 – 602 Tabla → 75 lt/(hab\*día)

$$Q = 0.7\% * 75 \text{ lt}/(\text{hab} * \text{día})$$

$$Q = 52.5 \text{ lt}/(\text{hab} * \text{día})$$

- o **Cálculo del periodo de retención hidráulica**

$$PR = 1.5 - 0.3 \log (P * Q)$$

$$PR = 1.5 - 0.3 \log \left( 3034 * 52.5 \frac{\text{lt}}{\text{hab} * \text{día}} \right)$$

$$PR = 0.06 \text{ días}$$

La normativa nos dice que se debe considerar una mínima retención que no debe ser mayor a 6 horas, lo que se puede transformar a 0.25 días que será el valor que se tomará para continuar con los cálculos.

$$PR = 0.25 \text{ días}$$

- o **Cálculo del volumen requerido para la sedimentación (V<sub>s</sub>)**

$$V_s = 10^{-3} * (P * Q) * PR$$

$$V_s = 10^{-3} * \left( 3034 \text{ hab} * 52.5 \frac{\text{lt}}{\text{hab} * \text{día}} \right) * 0.25 \text{ dias}$$

$$V_s = 39.82 \text{ m}^3$$

- o **Cálculo del volumen de digestión y almacenamiento de lodos (V<sub>d</sub>)**

$$V_d = 70 * 10^{-3} * P * N$$

$$V_d = 70 * 10^{-3} * 3034 \text{ hab} * 1 \text{ año}$$

$$V_d = 212.38 \text{ m}^3$$

- o **Determinación del volumen de natas (V<sub>n</sub>)**

Bajo normativa este valor ya quedo establecido:

$$Vn = 0.7 \text{ m}^3$$

- **Cálculo del volumen total teórico del tanque séptico (Vt)**

$$Vt = Vs + Vd + Vn$$

$$Vt = 39.82\text{m}^3 + 212.38\text{m}^3 + 0.7\text{m}^3$$

$$Vt = 252.90 \text{ m}^3$$

- **Cálculo del volumen total actual del tanque séptico (Va)**

$$Va = Largo * ancho * altura$$

$$Va = 8. \text{ m} * 8. \text{ m} * 4 \text{ m}$$

$$Va = 256 \text{ m}^3$$

*Tabla 51. Comparación de parámetros de diseño y valores actuales - Tanque séptico*

Unidad	Parámetros de diseño	Valores teóricos	Valores actuales	Cumple
Tanque séptico	Volumen (m <sup>3</sup> )	252.90 m <sup>3</sup>	256 m <sup>3</sup>	SI

*Fuente: Carlos Rengel*

Una vez desarrollado todos los cálculos se pudo constatar que el volumen teórico del tanque séptico tiene un valor de 92.47 m<sup>3</sup> y el volumen actual es de 142.93 m<sup>3</sup>, lo que nos indica que el componente evaluado cumple con los lineamientos establecidos por la norma OPS 2005 ya que el elemento fue diseñado con las dimensiones mínimas que son consideradas correctas en el tratamiento de aguas residuales.

#### **3.1.3.2.4. Diagnóstico del funcionamiento del filtro anaerobio de flujo ascendente**

Para la realización del correcto desempeño del filtro ascendente ocupamos el “*Manual de agua potable y saneamiento – Diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales: filtros anaerobios de flujo ascendente, desarrollado por la Comisión Nacional del Agua en 2015*”. Aquí se encontrará formulas detalladas y dimensionamientos ya establecidos que ayudaran en la evaluación del componente mencionado[30].

A continuación, se presentarán los datos obtenidos tanto del laboratorio de la UNACH, así como las dimensiones de los filtros para realizar su respectiva evaluación del

mismo para lo cual el caudal máximo horario tuvo que ser dividido en para cada uno de los filtros con los que cuenta la planta.

$$Q_{mh} = \text{Caudal máximo horario PTAR} = 5.114 \text{ lt/s}$$

$$Q_{mh} = \frac{5.114 \frac{\text{lt}}{\text{s}}}{2} = 2.557 \frac{\text{lt}}{\text{s}} = 220.92 \frac{\text{m}^3}{\text{dia}}$$

DBO<sub>5</sub> presente en el agua residual cruda (S<sub>o</sub>) = 168 mg/lt → 0.168 kg/m<sup>3</sup>

Tiempo de retención hidráulica (TRH) = 4 a 10 horas

Datos:

Altura útil del filtro (H) = 2.40 m

Longitud del borde libre (b) = 0.30 m

Altura del bajo dren (d) = 0.36

Diámetro total del filtro (Dt) = 6.85 m

Diámetro interno del filtro (Di) = 6.35

- **Altura del material filtrante**

$$h_{mf} = H - b - d$$

$$h_{mf} = 2.40 \text{ m} - 0.30 \text{ m} - 0.36$$

$$h_{mf} = 1.74 \text{ m}$$

- **Área superficial del filtro ascendente**

$$A_f = \frac{\pi * Di^2}{4}$$

$$A_f = \frac{\pi * (6.35\text{m})^2}{4}$$

$$A_f = 31.67 \text{ m}^2$$

- **Volumen total actual del material filtrante**

$$V_{mf} = h_{mf} * A_f$$

$$V_{mf} = 1.74 \text{ m} * 31.67 \text{ m}^2$$

$$V_{mf} = 55.10 \text{ m}^3$$

- **Volumen total útil actual del filtro biológico ascendente**

$$V_{tot} = H * A_f$$

$$V_{tot} = 2.40 \text{ m} * 31.67 \text{ m}^2$$

$$V_{tot} = 76.01 \text{ m}^3$$

- **Carga orgánica volumétrica del medio filtrante**

$$COV_{mf} = \frac{Q_{mh} * S_0}{V_{mf}}$$

$$COV_{mf} = \frac{220.92 \text{ m}^3 * 0.168 \frac{\text{mg}}{\text{lt}}}{55.10 \text{ m}^3}$$

$$COV_{mf} = 0.67 \frac{\text{kg de DBO}}{\text{m}^3 * \text{día}}$$

- **Carga orgánica volumétrica del filtro ascendente**

$$COV = \frac{Q_{mh} * S_0}{V_{tot}}$$

$$COV = \frac{220.92 \text{ m}^3 * 0.168 \frac{\text{mg}}{\text{lt}}}{76.01 \text{ m}^3}$$

$$COV = 0.49 \frac{\text{kg de DBO}}{\text{m}^3 * \text{día}}$$

- **Tiempo de retención hidráulica real**

$$TRH = \frac{V_{mf}}{Q_{mh}}$$

$$TRH = \frac{55.10 \text{ m}^3}{220.92 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}}$$

$$TRH = 0.25 \text{ días} \rightarrow 5.99 \text{ horas}$$

Por Norma de la CONAGUA este valor está en el rango de 4 a 10 horas

○ **Eficiencia de remoción esperada**

Coefficiente empírico del sistema → 0.87 Norma CONAGUA

Coefficiente empírico del medio filtrante → 0.5 Norma CONAGUA

$$E = 100[1 - 0.87(TRH)^{-0.5}]$$

$$E = 100[1 - 0.87(5.99 \text{ horas})^{-0.5}]$$

$$E = 64.44 \%$$

○ **Concentración de DBO esperada en el líquido de salida**

$$DBO_{ef} = S_0 - \frac{E(S_0)}{100}$$

$$DBO_{ef} = 168 \frac{mg}{lt} - \frac{(64.44\% * 168 \frac{mg}{lt})}{100}$$

$$DBO_{ef} = 59.74 \frac{mg}{lt}$$

○ **Carga hidráulica superficial**

$$CHS = \frac{Qmh}{Af}$$

$$CHS = \frac{220.92 \frac{m^3}{día}}{31.67 m^2}$$

$$CHS = 6.98 \frac{m}{día}$$

Por Norma de la CONAGUA este valor está en el rango de 6 a 15 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> día

**Tabla 52.** Comparación de valores calculados reales y parámetros establecidos para FAFA

Unidad	Parámetros de diseño	QMH	Valores calculados	Cumple
Filtro anaerobio de flujo ascendente	Medio de empaque	Piedra	Piedra	SI
	Altura del lecho filtrante (m)	0.8 a 3.0	1,74	SI
	Tiempo de residencia hidráulica (horas)	3 a 6	5,99	SI
	Carga hidráulica superficial (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> *día)	10 a 15	6,98	SI
	Carga orgánica volumétrica (kg de DBO/m <sup>3</sup> *día)	0.15 a 0.50	0,49	SI
	Carga orgánica en el medio filtrante (kg de DBO/m <sup>3</sup> *día)	0.25 a 0.75	0,67	SI

*Fuente: Carlos Rengel*

Según los cálculos realizados del filtro ascendente se pudo notar que todos los parámetros de diseño se han realizado correctamente dándonos a entender que el dimensionamiento del elemento ha cumplido con la normativa establecida, del mismo modo se pudo conocer que Tiempo de residencia hidráulica (TRH) y la Carga orgánica volumétrica están muy cerca del rango máximo, lo que nos dice que el líquido en cuestión permanece un periodo no recomendable dentro del componente esto se puede deberse a la falta de mantenimiento que se ha notado en el proceso de evaluación de la planta.

### 3.1.3.2.5. Diagnóstico del funcionamiento del lecho de secado de lodos

Para el correcto diagnóstico del lecho de secado de lodos tomamos en cuenta los lineamientos establecidos en la guía de diseño de la OPS, puesto que en esta se encuentran a detalle dimensionamientos, así como, parámetros y formulas necesarias para realizar una correcta evaluación. Se debe considerar que el lecho de secado es una estructura de fácil construcción que no representa un costo significativo el cual tiene como función deshidratar los lodos generados por el resto de componentes hidráulicos.

Funcionamiento actual del lecho de secado de lodos:

$$Q_{mh} = \text{Caudal máximo horario PTAR} = 5.114 \text{ lt/s}$$

Datos

Población (N)= 3034 hab

Solidos Suspendidos en el agua residual cruda (SS)= 162 mg/l

Densidad de lodos (p lodos) = 1.04 kg/lt → Norma OPS

% Sólidos contenidos en el lodo (8 – 12%) = 10% promedio → Norma OPS

H<sub>a</sub> = Profundidad de aplicación (0.20 – 0.40 m) = 0.40 m → Norma OPS

- **Volumen total lecho de secado de lodos**

$$V_{lsl\ tot} = l * b * h$$

$$V_{lsl\ tot} = 9.08\ m * 5.08\ m * 1.05\ m$$

$$V_{lsl\ tot} = 48.43\ m^3$$

- **Volumen útil lecho de secado de lodos (medidas internas)**

$$V_{lsl\ util} = l * b * h$$

$$V_{lsl\ util} = 8.58\ m * 4.58\ m * 1.05\ m$$

$$V_{lsl\ util} = 41.26\ m^3$$

- **Carga de sólidos que ingresan al sedimentador (C en kg de SS/día)**

$$C = Qd * SS * 0.0864 \frac{kgSS}{dia}$$

$$C = 5.114 \frac{lt}{s} * 162 \frac{mg}{lt} * 0.0864 \frac{kgSS}{dia}$$

$$C = 71.58 \frac{kg\ de\ SS}{días}$$

- **Masa de sólidos que forman parte de los lodos**

$$M_{sd} = (0.5 * 0.7 * 0.5 * C) + (0.5 * 0.3 * C)$$

$$M_{sd} = \left( 0.5 * 0.7 * 0.5 * 71.58 \frac{kg\ de\ SS}{días} \right) + \left( 0.5 * 0.3 * 71.58 \frac{kg\ de\ SS}{días} \right)$$

$$M_{sd} = 23.26 \frac{kg\ de\ SS}{días}$$

- **Volumen diario de lodos digeridos**

$$V_{ld} = \frac{M_{sd}}{plodo * \left( \frac{\% \ de\ solidos}{100} \right)}$$

$$V_{ld} = \frac{23.26 \frac{kg \text{ de SS}}{días}}{1.04 \frac{kg}{lt} * \left(\frac{10}{100}\right)}$$

$$V_{ld} = 223.69 \frac{lt}{día}$$

- **Volumen de lodos a extraerse del tanque**

$$V_{el} = \frac{V_{ld} * T_d}{1000}$$

Td = Tiempo de digestión de los lodos digeridos por norma OPS según temperatura de 15° C en Píllaro = 55 días[28].

**Tabla 53.** Tiempo requerido para digestión de lodos manual OPS

Temperatura °C	Tiempo de digestión en días
5	110
10	76
15	55
20	40
>25	30

*Fuente:* Tabla 2 del Manual OPS 2005[28].

$$V_{el} = \frac{223.69 \frac{lt}{día} * 55 \text{ días}}{1000}$$

$$V_{el} = 12.30 \text{ m}^3$$

- **Área teórica del lecho de secado de lodos**

$$A_{ls} = \frac{V_{el}}{H_a}$$

$$A_{ls} = \frac{12.30 \text{ m}^3}{0.4 \text{ m}}$$

$$A_{ls} = 30.76 \text{ m}^2$$

- **Área actual del lecho de secado de lodos**

$$A_{ls \text{ actual}} = l * a$$

$$A_{ls \text{ actual}} = 9.08 \text{ m} * 5.08 \text{ m}$$

$$A_{ls \text{ actual}} = 46.126 \text{ m}^2$$

$$A_{ls \text{ actual interna}} = 39.30 \text{ m}^2$$

**Tabla 54.** Comparación de parámetros de diseño y valores actuales - Lecho de secado de lodos

Parámetros de diseño	Valores teóricos	Valores actuales	Cumple
Área (m <sup>2</sup> )	30.76 m <sup>2</sup>	39.30 m <sup>2</sup>	SI

*Fuente: Carlos Rengel*

El dimensionamiento del lecho de secado fue realizado de manera eficiente ya que ha cumplido completamente con el lineamiento establecido en la norma OPS 2005 ya que el área actual del componente es de 39.30 m<sup>2</sup> que es superior al área calculada que tiene un valor de 30.76 m<sup>2</sup>, además la norma establece que el elemento debe tener un ancho que este dentro del rango de entre 3 a 6 metros, lo cual se cumplió correctamente en la PTAR ya que el ancho de secado tiene un valor de 5.08 m.

### 3.2. Verificación de hipótesis

La PTAR del sector Relleno Sanitario perteneciente a la parroquia Presidente Urbina se encuentra en optimo funcionamiento, esto se pudo evidenciar en la evaluación individual de cada uno de los componentes de la planta, no obstante, el tren de desinfección no está cumpliendo con los parámetros establecidos por la norma TULSMA 2015 para la descarga en cuerpos de agua dulce. Actualmente los porcentajes de remoción se encuentra inferiores a los que son necesarios.

Una vez analizado todos los datos sobre el diagnóstico del funcionamiento actual de la planta de tratamiento de aguas residuales, en la cual se plantea la interrogante de que si dicha estructura tiene una operación eficiente se estableció el siguiente cuadro en el cual se indican si existe el correcto dimensionamiento de la misma, así como si existe un periódico mantenimiento a cada uno de los componentes.

**Tabla 55.** Funcionamiento actual de todos los componentes de la PTAR.

COMPONENTE	DIMENSIONAMIENTO SEGÚN NORMATIVA	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO
CAJÓN COLECTOR	CUMPLE	NO CUMPLE	PARCIALMENTE
TANQUE SÉPTICO	CUMPLE	NO CUMPLE	PARCIALMENTE
FILTRO ASCENDENTE	CUMPLE	NO CUMPLE	PARCIALMENTE
LECHO DE SECADO	CUMPLE	NO CUMPLE	PARCIALMENTE

*Fuente:* Carlos Rengel

Como se muestra en la tabla 55 el dimensionamiento de cada una de las unidades a cumplido los lineamientos establecidos en cada una de las normas con las que se realizó la comparativa de las mismas, no obstante se pudo notar que la operación y mantenimiento de la planta no ha sido realizada de manera frecuente ya que se notó un gran descuido en las instalaciones de la PTAR, mientras que el análisis físico – químico mediante los análisis de laboratorio dio a conocer que los parámetros establecidos según la normativa TULSMA 2015, cumplen parcialmente los requerimientos necesarios para la misma. Por lo tanto, se presenta una propuesta de mejoramiento para las observaciones encontrada.

### **3.3. Propuesta de mejora de la PTAR del sector Relleno Sanitario**

Este plan de operación y mantenimiento estará compuesto por varias medidas con su descripción y costo, que mejorará las observaciones encontradas

#### **3.3.1. Plan de mantenimiento y operación de los componentes hidráulicos de la PTAR del sector Relleno Sanitario**

Para asegurar el correcto funcionamiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del sector Relleno Sanitario, es esencial llevar a cabo un mantenimiento periódico en todas sus etapas. Esto no solo maximizará su rendimiento, sino que también prolongará su vida útil. Las actividades de mantenimiento incluyen la revisión de las válvulas para asegurar su adecuado funcionamiento y lubricación, así como la inspección de las tuberías encargadas de transportar las aguas residuales.

El objetivo del tratamiento de aguas residuales es mejorar las condiciones físicas, químicas y microbiológicas del agua de drenaje antes de su descarga en un cuerpo de agua, con el fin de evitar problemas de contaminación ambiental.

Un programa de mantenimiento preventivo y una serie de actividades periódicas aseguran un alto rendimiento de las unidades hidráulicas que conforman una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), garantizando al mismo tiempo un servicio de calidad para sus usuarios.

La implementación de un programa de mantenimiento preventivo permite reducir los costos de reparación y mantenimiento de emergencia, mantener la eficiencia en el funcionamiento de los componentes y prolongar la vida útil de la planta en general.

Este documento describe los trabajos de mantenimiento necesarios para cada uno de los componentes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del sector Relleno Sanitario de la parroquia Presidente Urbina en el cantón Santiago de Píllaro, provincia de Tungurahua, y se indica la frecuencia con la que deben realizarse.

#### **. Comparación de la propuesta de rediseño de la PTAR del sector Relleno Sanitario con el actual estado de la misma.**

Una vez realizado el levantamiento de la información, así como el análisis de laboratorio de las muestras obtenidas tanto del ingreso como de la descarga del agua residual de la planta del sector Relleno Sanitario se pone en conocimiento la propuesta de rediseño de la misma la cual consiste en aumentar al tren de descontaminación un nuevo filtro de flujo descendente, tomando en cuenta la normativa este se realizó para un periodo de diseño de 20 años. Teóricamente este nuevo componente debe ayudar al proceso de tratamiento de aguas servidas y a disminuir los índices de DBO<sub>5</sub>, DQO y Solidos Suspendidos, que fueron los parámetros que no cumplieron con los lineamientos de la norma TULSMA 2015.

Además, se propuso la implantación de una cubierta del lecho de secado de lodos ya que este elemento carecía de esta. Con la cubierta se podrá mejorar la infraestructura del elemento, se reducirán los malos olores durante el proceso de secado de lodos, lo que a su vez reduce la necesidad de realizar ajustes y mantenimiento adicionales.

También se propone la señalización de cada uno de los componentes de la planta, así como la del exterior de la misma con el fin de mejorar la infraestructura actual, es

crucial para garantizar la seguridad de los trabajadores y el correcto funcionamiento del sistema. La señalización incluye señales de advertencia, informativas y de dirección que indican las áreas de peligro, las zonas restringidas y las rutas de acceso a cada uno de los elementos.

### **3.3.1.1. Medida 1. Diseño del filtro anaerobio descendente**

- **Descripción**

Con base en los resultados obtenidos de los análisis de laboratorio los parámetros del DBO<sub>5</sub>, DQO y Solidos Suspendidos no cumplieron con los lineamientos establecidos por la norma TULSMA 2015, para lo cual se plantea realizar el diseño e implementación de un nuevo filtro de flujo descendente, así como un plan de operación y mantenimiento de cada uno de los componentes de la PTAR.

El dimensionamiento del filtro de flujo descendente será realizado en base a la normativa de la CONAGUA cumpliendo todos los parámetros que estén establecidos en esta. Intentando que una vez que se hayan realizado todos los procesos estos satisfagan por completo el tren de descontaminación de la planta.

- **Diseño del filtro anaerobio de flujo descendente.**

Para comenzar el diseño de cualquier proceso de la planta de tratamiento se debe comenzar por realizar el cálculo del caudal de diseño este se basa a partir de la población futura, de esta manera aseguramos que los elementos diseñados tengan una vida útil adecuada a los requerimientos establecidos.

Para el caso de obras civiles la norma CO10.7-602 nos dice que las propuestas deben estar diseñadas para un periodo no menos a 20 años[29].

- **Población de diseño a futuro de la PTAR**

La población futura del cantón Santiago de Píllaro, se logró determinar en base a datos estadísticos obtenidos por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) en el periodo 1990 al 2010, dicha información se pone a conocimiento en la tabla 56.

**Tabla 56. Datos estadísticos de la población Píllaro INEC**

<b>Año censal</b>	<b>Mujeres</b>	<b>Hombres</b>	<b>Población (Habitantes)</b>
1990	17585	15784	33369
2001	18403	16522	34925
2010	20275	18125	38400

*Fuente: INEC[31].*

En los lineamientos establecidos por la normativa “*Diseño de Sistemas de Abastecimiento de Agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural*”, nos habla que para obtener una determinación adecuada de la población de diseño se debe utilizar el método geométrico, y de esta manera calcular la población futura[29].

○ **Tasa de crecimiento en años (r) método geométrico**

$$r = \left( \frac{Pf}{Pi} \right)^{\frac{1}{t}} - 1$$

Donde:

Pf= Población final

Pi= Población inicial

t= Intervalo de tiempo

**Tabla 57. Tasa de crecimiento (r)**

<b>Año censal</b>	<b>Población (Habitantes)</b>	<b>Intervalo de tiempo entre años</b>	<b>Tasa de crecimiento r (%)</b>
1990	33369		
		11	0,42%
2001	34925		
		9	1,06%
2010	38400		

*Fuente: Carlos Rengel*

Promedio de tasa de crecimiento:

$$r = \frac{0.42\% + 1.06\%}{2}$$

$$r = 0.74\%$$

**Tabla 58. Tasa de crecimiento poblacional**

Región geográfica	r (%)
Sierra	1,0
Costa, Oriente y Galápagos	1,5

Fuente: Tabla 5.1 NORMA CO 10.7 – 602[29].

Con el cálculo realizado se demostró que la tasa de crecimiento poblacional tiene un valor promedio de 0.74 %, debido a que el valor obtenido no llega a superar el 1% y que la norma CO 10.7 – 602 nos indica que para realizar algún cálculo que involucre el mencionado valor, este no podrá ser menor al 1%, por lo que se deberá asumir un valor mínimo que este caso será el 1% por estar ubicada la PTAR en la zona sierra[29].

Mediante el catastro proporcionado por el GAD Municipal de pillarlo y el Ing. Juan Pulliquitin quien está a cargo de la mencionada información, los habitantes que son usuarios del sistema de alcantarillado que descarga sus aguas residuales en la PTAR del sector Relleno Sanitario, son aproximadamente 3034 hasta el año 2022.

○ **Cálculo de la población futura (método geométrico)**

Datos:

Población actual (Pa) = 3034 habitantes

Tasa de crecimiento poblacional (r) = 1%

Periodo de diseño = 20 años

$$Pf = Pa * (1 + r)^n$$

$$Pf = 3034 * (1 + 1\%)^{20}$$

$$Pf = 3703 \text{ habitantes}$$

Se debe tomar en cuenta que la dotación del agua por cada habitante es proporcional al aumento de habitantes, por lo que se calculó dicha dotación futura para el periodo de diseño de n = 20 años así cumpliendo los lineamientos establecidos por la norma.

○ **Dotación futura (lt/hab\*día)**

$$Df = Da + 1 \frac{lt}{hab * día} * n$$

Da= Dotación actual Norma CO 10.7 – 602 = 75 (lt/hab\*día)

$$Df = 75 \frac{lt}{hab * dia} + 1 \frac{lt}{hab * día} * 20$$

$$Df = 95 \frac{lt}{hab * dia}$$

○ **Caudal medio diario (Qmd)**

$$Qmd = \frac{Df * Pf}{86400 \frac{s}{dia}}$$

$$Qmd = \frac{95 \frac{lt}{hab * día} * 3703 hab}{86400 \frac{s}{día}}$$

$$Qmd = 4.07 \frac{lt}{s}$$

○ **Caudal medio diario sanitario futuro (lt/s)**

Para el cálculo del caudal medio diario sanitario futuro, el cual depende en especial del coeficiente de retorno (C) que según la normativa RAS 2000 título D, este puede llegar a variar entre un 60 y 80%, se decidió ocupar un valor promedio de 70% [32].

$$Qsmf = C * Qmd$$

$$Qsmf = 0.7 * 4.07 \frac{lt}{s}$$

$$Qsmf = 2.85 \frac{lt}{s}$$

○ **Caudal máximo horario sanitario futuro (QMH)**

Este cálculo ocupa un factor de mayoración que tiene un valor entre 1.3 y 1.5, del mismo modo realizamos un promedio entre dichos valores obteniendo un valor de 1.4 que ser utilizo en el siguiente calculo[32].

$$F= 1.4$$

$$QMH = F * Qmsf$$

$$QMH = 1.3 * 2.85 \frac{lt}{s}$$

$$Q_{MH} = 3.70 \frac{lt}{s}$$

○ **Caudal de conexiones erradas (Qce)**

$$Q_{ce} = (5 - 10)\% * Q_{MH}$$

El coeficiente de seguridad varia desde el 5% al 10%, para el presente trabajo ocuparemos el 10%.

$$Q_{ce} = 0.10 * 4.00 \frac{lt}{s}$$

$$Q_{ce} = 0.4 \frac{lt}{s}$$

○ **Caudal de infiltración (Qi)**

$$Q_{inf} = I * L$$

Donde:

Coeficiente de infiltración (Hormigón simple) (I)= 0.0005 lt/s

Longitud de las tuberías sistema de alcantarillado de la comunidad= 2904.8 datos obtenidos del plan de desarrollo[33].

*Tabla 59. Valores de Infiltración.*

Tipo de Unión	Tubo de cemento		Tubo de P.V.C.	
	Cemento	Goma	Cemento	Goma
N. freático bajo	0,0005	0,0002	0,0001	0,00005
N. freático alto	0,0008	0,0002	0,00015	0,0005

*Fuente: Norma Boliviana NB 688[34].*

$$Q_{inf} = 0.0001 \frac{lt}{s * m} * 3150.8m$$

$$Q_{inf} = 0.32 \frac{lt}{s}$$

○ **Caudal de diseño (Qd)**

$$Q_d = Q_{MH} + Q_{ce} + Q_{inf}$$

$$Q_d = 3.70 \frac{lt}{s} + 0.4 \frac{lt}{s} + 0.32 \frac{lt}{s}$$

$$Qd = 4.42 \frac{lt}{s}$$

Debido a que el caudal de diseño calculado es inferior al caudal actual, esto puede deberse a que en la zona donde se encuentra ubicada la planta de tratamiento es mayormente habitada por moradores de escasos recursos económicos, y por lo general los habitantes mencionados suelen realizar acometidas clandestinas sin estas ser notificadas a las empresas encargadas lo que causa que los datos calculados anteriormente tengan discordancia con el caudal real de la planta, por lo que para el dimensionamiento del filtro anaerobio ascendente se deberá ocupar el mayor caudal obtenido mediante la medición en campo cuyo valor es igual a 5.114 lt/s.

○ **Dimensionamiento del filtro anaerobio descendente.**

Para el diseño del filtro descendente se utilizó el Manual de CONAGUA, titulado “*Diseño de plantas de aguas residuales municipales: Filtros anaerobios*”[30].

$$Qd = \text{caudal de diseño PTAR} = 5.114 \frac{lt}{s} = 441.85 \frac{m^3}{dia} = 18.41 \frac{m^3}{hora}$$

$$S_0 = \text{Concentración de } DBO_5 \text{ en el agua residual cruda} = 0.168 \text{ kg} * DBO_5 / m^3$$

○ **Volumen del filtro**

$$V = Qd * TRH$$

Donde:

TRH = Tiempo de residencia hidráulica por normativa va de 4 a 10 horas = TRH = 6 horas.

$$V = 18.41 \frac{m^3}{hora} * 6 \text{ horas}$$

$$V = 110.46 m^3$$

○ **Altura total del filtro (H)**

$$H = h1 + hb + hm$$

Donde:

h1= Altura del borde libre= 0.50 m

hb= Altura bajo el dren = 0.50 m

hm= Altura del medio filtrante va de 0.8 m a 3 m = 2 m

$$H = 0.50 \text{ m} + 0.50 \text{ m} + 2 \text{ m}$$

$$H = 3.00 \text{ m}$$

- **Área del filtro anaerobio de flujo descendente**

$$A = \frac{V}{H}$$

$$A = \frac{110.46 \text{ m}^3}{3.00 \text{ m}}$$

$$A = 36.82 \text{ m}^2$$

- **Volumen del medio filtrante (Vmf)**

$$Vmf = A * hm$$

$$Vmf = 36.82 \text{ m}^2 * 2 \text{ m}$$

$$Vmf = 73.64 \text{ m}^3$$

- **Carga orgánica volumétrica I (COV<sub>1</sub>)**

$$COV_1 = \frac{Qmh * S_0}{Vmf}$$

$$COV_1 = \frac{441.85 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} * 0.168 \text{ kg} * \text{DBO}_5/\text{m}^3}{73.64 \text{ m}^3}$$

$$COV_1 = 1.01 \text{ kg} * \frac{\text{DBO}}{\text{m}^3 * \text{días}}$$

- **Carga orgánica volumétrica 2 (COV<sub>2</sub>)**

$$COV_2 = \frac{Qmh * S_0}{V}$$

$$COV_2 = \frac{441.85 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} * 0.168 \text{ kg} * \text{DBO}_5/\text{m}^3}{110.46 \text{ m}^3}$$

$$COV_2 = 0.67 \text{ kg} * \frac{DBO}{m^3 * \text{días}}$$

- **Longitud del filtro (L)**

$$L = \sqrt{A}$$

$$L = \sqrt{36.82 \text{ m}^2}$$

$$L = 6.06 \text{ m} \approx 6.00 \text{ m}$$

- **Eficiencia del filtro anaerobio de flujo descendente (E)**

$$E = 100[1 - 0.87(TRH)^{-0.5}]$$

$$E = 100[1 - 0.87(6 \text{ horas})^{-0.5}]$$

$$E = 64.48 \%$$

- **Volumen real del filtro anaerobio**

$$V_{real} = b * h * H$$

$$V_{real} = 6\text{m} * 6\text{m} * 3\text{m}$$

$$V_{real} = 108 \text{ m}^3$$

- **Verificación de la carga hidráulica superficial**

$$CHS = \frac{Qd}{A}$$

$$CHS = \frac{441.85 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}}{36.82 \text{ m}^2}$$

$$CHS = 12.00 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 * \text{día}}$$

$$10 < CHS < 15$$

$$10 < 12 < 15 \therefore \text{ok cumple}$$

*Tabla 60. Dimensiones propuestas del filtro descendente.*

<b>DISEÑO DEL FILTRO ANAEROBIO DE FLUJO DESCENDENTE</b>		
<b>NORMA CONAGUA 2015</b>		
<b>DIMENSIONES PROPUESTAS</b>		
<b>Datos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Longitud	6	m
Ancho	6	m
Altura	3	m
Altura del borde libre	0,5	m
Altura bajo el dren	0,5	m
Altura del material filtrante	2	m
Espesor de paredes	0,25	m
Espesor de piso	0,25	m

*Fuente: Carlos Rengel*

*Tabla 61. Cuadro de actividades del diseño del filtro descendente*

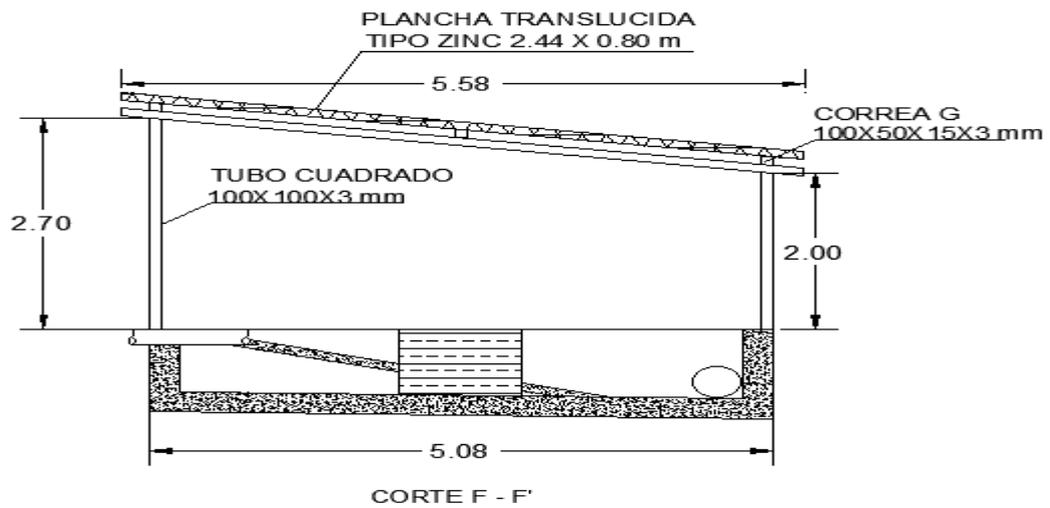
<b>Actividades</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Herramientas</b>	<b>Responsable</b>	<b>Costo</b>
*Diseño del Filtro anaerobio de flujo ascendente	Se debe realizar 1 sola vez	*Herramientas pequeñas: pala, carretilla, amoladora, combo, baldes, concretera, sierra, encofrado  *Equipo de protección	1 Maestro de obra 3 peones	14603.03 (catorce mil seiscientos tres dólares con 3 centavos)

*Fuente: Carlos Rengel*

### **3.3.1.2. Medida 2: Implantación de una cubierta para el lecho de secado de lodos**

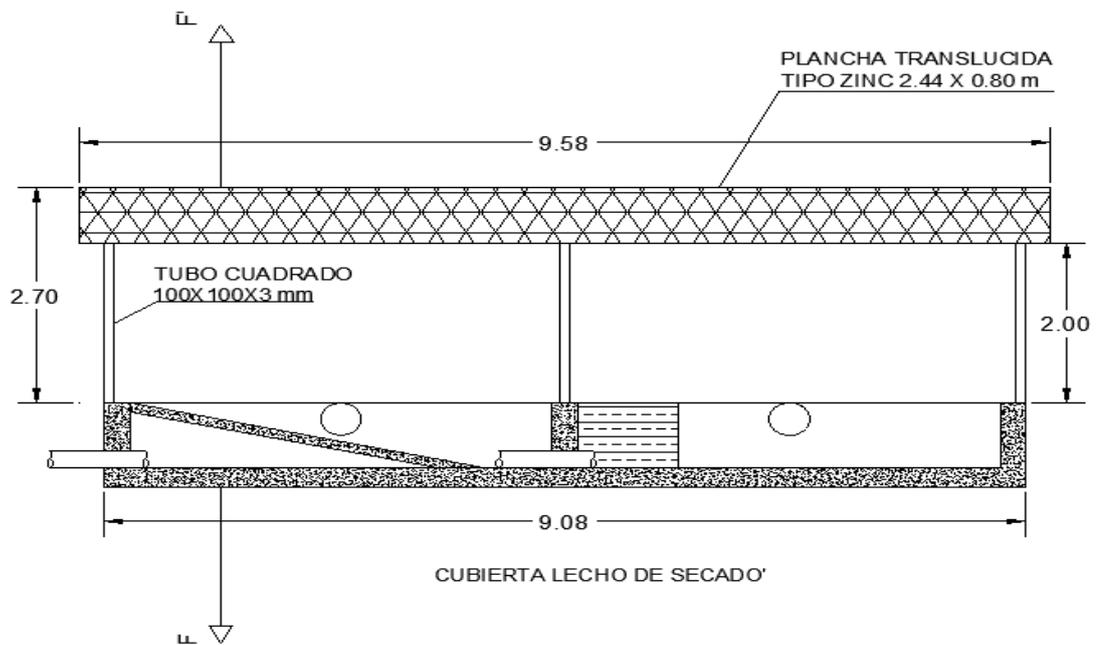
- **Descripción**

Del mismo modo se propuso realizar la implantación de una cubierta en el lecho de secado de lodos, que tiene como objetivo mejorar la eficiencia en el tratamiento de aguas residuales. La cubierta protegerá el material descargado de los componentes de la PTAR, evitando la dispersión de partículas y reduciendo los malos olores en zonas cercanas. La implementación de la cubierta no solo mejorará la calidad del aire, sino también optimizará el proceso de secado del lodo, lo que a su vez agilizará el tratamiento de aguas residuales en su conjunto.



**Figura 28.** Cubierta del lecho de secado de lodos vista lateral

*Fuente:* Carlos Rengel



**Figura 29.** Cubierta del lecho de secado de lodos vista frontal

*Fuente:* Carlos Rengel

La cubierta tendrá un largo de 9.50 m por un ancho de 5.50 m el predimensionamiento de la presente será presentado en el apartado de anexos con el perfil escogido.

**Tabla 62.** Cuadro de construcción de cubierta de lecho de secado

Actividades	Frecuencia	Herramientas	Responsable	Costo
Construcción de la estructura metálica del lecho de secado de lodos	Se debe realizar 1 sola vez	*Herramientas pequeñas: pala, carretilla, amoladora, combo, baldes, soldadora, sierra, encofrado  *Equipo de protección	1 Maestro de obra 1 soldador 1 peón	3090.45 (tres mil noventa dólares con cuarenta y cinco centavos)

*Fuente: Carlos Rengel*

### 3.3.1.3. Medida 3: Mantenimiento del filtro anaerobio de flujo descendente

- **Descripción**

El filtro es un elemento clave en el proceso de tratamiento del agua, ya que permite separar bacterias y partículas. Su mantenimiento y operación son sencillos y económicos, y su proceso de filtración consiste en hacer pasar el agua a través de un lecho poroso de arena, lo que elimina efectivamente los materiales en suspensión y coloidales presentes en el agua.

**Tabla 63.** Cuadro de operación y mantenimiento - Filtro descendente

Actividades	Frecuencia	Herramientas	Responsable	Costo
*Revisar la capa superior del filtro y el estado de la estructura *Quitar la capa vegetal y los sedimentos acumulados en el material filtrante *Limpiar el material filtrante con agua a presión *Abrir las válvulas durante el proceso de mantenimiento	Realizar la tarea 1 vez cada 3 meses	*Herramientas pequeñas: pala, manguera, balde.  *Equipo de protección	1 operador 1 peón	116.61 (ciento dieciséis dólares con sesenta y un centavos)

*Fuente: Carlos Rengel*

### 3.3.1.4 Medida 4: Mantenimiento del Cajón colector

- **Descripción**

Es necesario eliminar los sedimentos depositados en el fondo del canal y limpiar las paredes para prevenir la impregnación de materia orgánica en ellas.

*Tabla 64. Cuadro de operación y mantenimiento - Cajón Colector*

Actividades	Frecuencia	Herramientas	Responsable	Costo
*Verificar si hay acumulación de partículas sólidas *Retirar manualmente la basura y los residuos grandes que se han atrapado. *Trasladar los residuos eliminados al área de secado de lodos para su disposición final. *Lavar los utensilios utilizados en la tarea.	Realizar la tarea una vez por semana	*Herramientas pequeñas: rastrillo, pala, cubo, carretilla.  *Equipo de protección	1 operador 1 peón	20.24 (veinte dólares con veinte y cuatro centavos)

*Fuente: Carlos Rengel*

### 3.3.1.5. Medida 5: Mantenimiento del Desarenador

- **Descripción**

Los desperdicios de un diámetro más pequeño que logran escapar del tanque distribuidor y del proceso de cribado son detenidos en esta etapa para evitar obstrucciones en procesos posteriores. Es importante revisar regularmente la cantidad de material acumulado en esta etapa para llevar a cabo su eliminación.

*Tabla 65. Cuadro de operación y mantenimiento - Desarenador*

Actividades	Frecuencia	Herramientas	Responsable	Costo (diario)
*Revisión del rendimiento del desarenador *Eliminación de los sedimentos acumulados en el fondo y las paredes laterales del canal del desarenador *Asegurarse de que el volumen de agua que fluye a través del desarenador no exceda el nivel máximo permitido.	Realizar la tarea 1 vez por semana	*Herramientas pequeñas: pala, carretilla.  *Equipo de protección	1 operador 1 peón	30.36 (treinta dólares con treinta y tres centavos)

*Fuente: Carlos Rengel*

### 3.3.1.6. Medida 6: Mantenimiento del tanque séptico

- **Descripción**

La extracción de lodos se basa en el ciclo de limpieza previsto o en la cantidad acumulada de material. Se considera necesario retirar los lodos cuando alcancen entre un 25% y un 30% de la altura del agua en el tanque. Todas estas acciones se deben realizar siguiendo los lineamientos de la norma OPS/CEPIS/05.168.

*Tabla 66. Cuadro de operación y mantenimiento - Tanque Séptico*

Actividades	Frecuencia	Herramientas	Responsable	Costo
*Verificar que las tapas de inspección se encuentren colocadas de manera adecuada *Usar una escobilla para agitar la superficie del agua, lo que ayudará a fracturar y rehidratar las capas de grasa y facilitará la sedimentación. De esta manera se liberan gases y se previene la acidificación del agua. *Retirar los lodos del interior de la fosa *Evaluar la cantidad de lodos del tanque *Limpiar tanque séptico	* El agitado de las capas de grasa y la medición de la profundidad de los lodos se hace cada 15 días o cada mes *La eliminación de lodos se lleva a cabo cada 6 meses *La limpieza del tanque se realiza anualmente	*Herramientas pequeñas: pala, carretilla. *Carro cisterna con bomba de vacío *Equipo de protección	1 operador 2 peones	70.49 (setenta dólares con cuarenta y nueve centavos)

*Fuente: Carlos Rengel*

### 3. 3.1.7. Medida 7: Mantenimiento del filtro anaerobio de flujo ascendente

- **Descripción**

El material filtrante aloja una película biológica compuesta por microorganismos anaerobios. Al finalizar su ciclo de vida, estos microorganismos generan residuos que se convierten en lodo y se acumulan en la base del filtro. Para evitar bloqueos en las tuberías, es necesario extraer periódicamente estos lodos.

*Tabla 67. Cuadro de operación y mantenimiento - Filtro ascendente*

Actividades	Frecuencia	Herramientas	Responsable	Costo
*Revisar la capa superior del filtro y el estado de la estructura *Quitar la capa vegetal y los sedimentos acumulados en el material filtrante *Limpiar el material filtrante con agua a presión *Remover los lodos que se han acumulado en la parte inferior del filtro, que son resultado de la descomposición de microorganismos anaerobios. *Abrir las válvulas durante el proceso de mantenimiento	Realizar la tarea 1 vez cada 3 meses	*Herramientas pequeñas: pala, carretilla, maguera. *Equipo de protección	1 operador 1 peón	233.22 (doscientos treinta y tres dólares con veinte y dos centavos)

*Fuente: Carlos Rengel*

### 3.3.1.8. Medida 8: Mantenimiento del lecho de secado de lodos

- **Descripción**

Esta es la etapa en la que se elimina la humedad de los residuos generados en etapas previas. Si los residuos contienen demasiada agua, se utiliza un filtro de grava para drenar este líquido hacia el sistema de drenaje de la planta de tratamiento de aguas residuales.

*Tabla 68. Cuadro de operación y mantenimiento - Lecho de secado de lodos*

Actividades	Frecuencia	Herramientas	Responsable	Costo
*Revisión del funcionamiento del sistema de secado de lodos *Aseo y extracción manual de los residuos *Aseo de las paredes de las camaras	Se realiza la inspección y distribución de lodos quincenal o mensualmente y limpieza y extracción de lodos periódicamente cada 6 meses	*Herramientas pequeñas: pala, carretilla *Equipo de protección	1 operador 1 peones	150.10 (ciento cincuenta dólares con diez centavos)

*Fuente: Carlos Rengel*

### 3.3.1.9 Medida 9: Labores de mantenimiento para el exterior

- **Descripción**

Mantener el control sobre el crecimiento de la vegetación y la cantidad de contaminantes removidos en cada etapa del proceso de tratamiento de aguas residuales es crucial. Es necesario asegurarse de que la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) esté bien cerrada para evitar la entrada no autorizada de personas y animales que puedan causar contaminaciones adicionales.

*Tabla 69. Cuadro de operación y mantenimiento - Exterior de la planta*

Actividades	Frecuencia	Herramientas	Responsable	Costo
*Mantenimiento del camino de acceso a la PTAR	Se debe realizar mantenimiento	*Herramientas pequeñas: pala, rastrillo, guadaña	1 operador 1 peón	31.92 (treinta y un dólares con noventa y dos centavos)
*Corte del césped y control de maleza	1 vez cada 3 meses			
*Eliminación de los lodos y contaminantes generados por los procesos de limpieza en las etapas de la PTAR		*Equipo de protección		

*Fuente: Carlos Rengel*

### 3.3.1.10. Medida 10: Pintura e impermeabilización de los componentes

- **Descripción**

El objetivo de la pintura de los componentes aparte de mejorar la fachada alarga el periodo de vida útil de los componentes y la impermeabilización a ayuda a proteger los componentes hidráulicos reduciendo el riesgo de infiltraciones.

*Tabla 70. Cuadro de actividades del operador.*

Actividades	Frecuencia	Herramientas	Responsable	Costo
*Lijar paredes	Se debe realizar mantenimiento	*Herramientas pequeñas: rodillo, lija	1 operador 1 peón	500.14 (quinientos dólares con catorce centavos)
*Retirar polvo y suciedad	1 vez al año		1 Pintor	
*Limpiar sus herramientas después de su uso.		*Equipo de protección		

*Fuente: Carlos Rengel*

### 3.3.1.11. Medida 11: Señalética de la PTAR

- **Descripción**

En una planta de tratamiento de aguas residuales se utiliza señalización de seguridad y de identificación de áreas. Esto incluye señales de advertencia, señales de prohibición, señales de seguridad, señales de dirección y señales de identificación de áreas. La señalética puede ser en forma de carteles, señales reflectantes, etiquetas, letreros, entre otros. El objetivo es garantizar la seguridad de las personas y la eficacia del proceso de tratamiento.

*Tabla 71. Cuadro de señalética de la PTAR*

Actividades	Frecuencia	Herramientas	Responsable	Costo (diario)
*Implantación de la señalética en cada componente	Se debe realizar mantenimiento 1 vez al año	*Herramientas pequeñas: martillo, remachadora  *Equipo de protección	1 operador 1 peón	136.01 (ciento treinta y seis dólares con un centavo)

*Fuente: Carlos Rengel*

### 3.3.1.12. Medida 12: Análisis Físico – Químico

- **Descripción**

El análisis físico-químico de una planta de tratamiento de aguas residuales es importante por varias razones críticas. En primer lugar, los resultados del análisis permiten evaluar la eficiencia del tratamiento y determinar si la planta está produciendo agua tratada que cumple con los estándares de calidad. Además, el análisis es esencial para verificar la conformidad con los requisitos reguladores y garantizar que el agua tratada no cause daños ambientales. Los resultados del análisis también pueden identificar problemas y ayudar a solucionarlos, así como optimizar el proceso de tratamiento ajustando los parámetros de operación y la dosificación de reactivos. En conclusión, el análisis físico-químico es fundamental para asegurar la eficiencia, seguridad y protección del medio ambiente en una planta de tratamiento de aguas residuales.

Tabla 72. Cuadro de operación y mantenimiento - Análisis físico - químico

Actividades	Frecuencia	Herramientas	Responsable	Costo (diario)
*Realizar la toma de muestras tanto de entrada como de salida	Se debe realizar el análisis cada 3 meses	*Envases color ámbar y jarra para recolección de muestras  *Equipo de protección	1 operador	133.98 (ciento treinta y tres dólares con noventa y ocho centavos)

Fuente: Carlos Rengel

### 3.4. Presupuesto

El presente proyecto de rediseño es completamente ejecutable, por lo que se ha elaborado un presupuesto de referencia que incluye actividades previas de limpieza en el sitio. Se describen las partidas relacionadas con la construcción de un tanque distribuidor de caudal/cribado, desarenador y tanque de grasas que formarán parte del nuevo sistema de tratamiento. Así mismo, se contemplan actividades para mejorar las unidades de descontaminación existentes, como el diseño de un filtro de flujo descendente y una cubierta para el lecho de secados. Además, se detallan los rubros para la implementación de señalización informativa

Es importante tener en cuenta el costo de operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales durante toda su vida útil, para asignar los recursos económicos necesarios desde el inicio. Esto evitará descuidos en la limpieza de la planta, que en el pasado han sido una causa de su rápido deterioro y baja eficiencia en la descontaminación

En el Anexo 5 se encuentra un análisis de los precios unitarios del presupuesto, con códigos para una mayor claridad y comprensión de cada partida.

**Tabla 73. Presupuesto Referencial - PTAR Relleno Sanitario**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR TEMA: EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR RELLENO SANITARIO DE LA PARROQUIA PRESIDENTE URBINA PERTENECIENTE AL CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO, PROVINCIA DE					
No.	Rubro / Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
<b>Medida 1. Implantación del filtro anaerobio de flujo ascendente</b>					
1	Limpieza y desbroce	m2	30,25	1,74	52,64
2	Replanteo y nivelación	m2	30,25	0,82	24,81
3	Excavación H=3 a 4m a máquina (excavadora)	m3	72,00	6,35	457,20
4	Relleno compactado con material de excavación	m3	72,00	8,82	635,04
5	Tubería PVC d=200mm desague NTE-INEN 2059	m	18,80	24,81	466,43
6	Hormigón simple en replantillo (180 kg/cm2)	m3	3,60	85,16	306,58
7	Acero de refuerzo fy=4200 kg/cm2 (incluye corte y doblado)	kg	1.237,57	2,19	2710,28
8	Encofrado y desencofrado recto	m2	144,00	6,82	982,08
9	Empedrado para replantillo e=10cm, incluye emporado con sub-bas	m2	36,00	32,05	1153,80
10	Hormigón simple fc=210 kg/cm2	m3	24,81	167,48	4155,15
11	Enlucido mortero 1:2 paletado fino (e=1.5cm) con impermeabilizante	m2	144,00	13,85	1994,40
12	Material filtrante	m3	60,50	28,06	1697,63
				<b>Subtotal 1</b>	14636,03
<b>Medida 2. Implantación de cubierta en el lecho de secado de lodos</b>					
13	Instalación de estructura metálica, acero A36	kg	543,65	4,30	2337,70
14	Intalación de zinc translucido e=30	m2	53,46	10,02	535,67
15	Canal y bajante de agua lluvia	m	9,58	22,66	217,08
				<b>Subtotal 2</b>	3090,45
16	Medida 3. Operación y mantenimiento del Filtro Anaerobio de Flujo Descendente	u	1	116,61	116,61
17	Medida 4. Operación y mantenimiento del cajon colector	u	1	20,24	20,24
18	Medida 5. Operación y mantenimiento del desarenador	u	1	30,36	30,36
19	Medida 6. Operación y mantenimiento del tanque séptico	u	1	70,49	70,49
20	Medida 7. Operación y mantenimiento del Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente	u	2	116,61	233,22
21	Medida 8.- Operación y mantenimiento del lecho de secado de lodos	u	2	75,05	150,10
22	Medida 9.- Mantenimiento del medio exterior	u	1	31,92	31,92
23	Medida 10.- Impermeabilización y pintura	m2	165,61	3,02	500,14
24	Medida 11.- Implementación de señalética	u	7	19,43	136,01
25	Medida 12.- Monitoreo del análisis físico – químico	u	2	66,99	133,98
				<b>Subtotal 3</b>	1423,07
<b>TOTAL</b>					<b>19149,55</b>

*Fuente: Carlos Rengel*

## **CAPÍTULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **4.1. Conclusiones**

- Se evaluó el funcionamiento de la PTAR (Planta de Tratamiento de Agua Residual) ubicada en el sector Relleno Sanitario de la parroquia Presidente Urbina del cantón Santiago de Píllaro, provincia de Tungurahua, y se descubrió que sus etapas actuales no están logrando su objetivo de brindar un tratamiento efectivo del agua residual, como se muestra en la tabla 40.
- Se evaluaron los datos y detalles relevantes sobre la PTAR en el sector Relleno Sanitario de la parroquia Presidente Urbina cantón Santiago de Píllaro provincia de Tungurahua. Se destacó que la obra fue construida en 2016 y atiende a una población de 3034 habitantes.
- Se identificó la cantidad de aguas residuales que ingresan a la PTAR mediante una técnica basada en volúmenes, y se encontró que el caudal máximo en la entrada es de 5.114 l/s, dato que nos ayudó en la evaluación de la planta de tratamiento.
- Se concluyó que el análisis de la calidad del agua residual que entra y sale de la PTAR del sector Relleno Sanitario de la parroquia Presidente Urbina cantón Santiago de Píllaro, Tungurahua, no cumplen con los límites establecidos por la norma TULSMA 2015, lo que indica un mal funcionamiento de la planta, estos resultados se pueden ver reflejados en la tabla 40.
- Se concluyó que la PTAR del sector Relleno Sanitario no cumple con los estándares del TULSMA 2015, debido a que las mediciones de la DQO, DBO5, sólidos suspendidos, superan los límites máximos permitidos. Esto indica que la planta de tratamiento no está funcionando adecuadamente y requiere una intervención para garantizar un tratamiento efectivo de las aguas residuales.
- Se propuso una solución para el problema identificado en la PTAR del sector Relleno Sanitario, la cual no cumplía con las normativas de tratamiento de aguas residuales. Para ello, se creó un nuevo diseño que cumple con los estándares y manuales requeridos para plantas de tratamiento. Con un caudal de diseño de 5.114 l/s, la solución está diseñada para funcionar durante 20 años en la comunidad. El proceso de tratamiento incluye un filtro biológico descendente y una cubierta para el lecho de secado de lodos.

- Se realizó el mejoramiento de la PTAR con la elaboración de un manual para la operación y mantenimiento de la misma, el cual está diseñado para asegurar el correcto tratamiento de las aguas residuales y se encuentra disponible en el apartado 3.4. Este manual será de gran ayuda para garantizar el funcionamiento óptimo de la planta de tratamiento y permitirá mantener las condiciones necesarias para el buen desempeño de la misma.

#### **4.2. Recomendaciones**

- Se recomienda contratar a un operador capacitado para la PTAR, quien será responsable de realizar inspecciones diarias y verificar que las unidades hidráulicas estén funcionando de manera óptima. La formación y el uso de herramientas y equipos adecuados son fundamentales en esta tarea.
- Se sugiere seguir estrictamente el manual de operación y mantenimiento, con el fin de asegurar el buen estado de los componentes de la planta de tratamiento y mantener la eficacia en su funcionamiento durante toda su vida útil.
- Se recomienda sensibilizar a los usuarios y responsables de las juntas de agua encargadas de cuidar la PTAR sobre la importancia de mantener las áreas de tratamiento de agua residual libres de vegetación y llevar a cabo análisis periódicos de la composición del agua residual tanto del afluente y efluente al menos una vez al año.
- Se recomienda realizar estudios adicionales que incluyan análisis físico-químicos de agua residual tanto en afluente como efluente, basados en varias muestras representativas tomadas en diferentes momentos del año, con el objetivo de obtener valores más precisos que reflejen la situación real de la zona.
- Se recomienda a la universidad, colegas y compañeros a realizar proyectos prácticos de investigación en la evaluación y rediseño de plantas de tratamiento de aguas residuales, ya que, en muchas áreas, especialmente en las zonas rurales, estas instalaciones han sido descuidadas y abandonadas por los líderes de las comunidades sin comprender la importancia crucial que tienen para el medio ambiente y la calidad de vida de la población debido a su función de descontaminación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] J. P. Rodríguez-Miranda, E. Gómez, L. Garavito, and F. López, "Estudio de comparación del tratamiento de aguas residuales domésticas utilizando lentejas y buchón de agua en humedales artificiales," *Tecnología y Ciencias del Agua*, vol. 1, no. 1, 2010.
- [2] A. T. Ortega Ramírez and N. Sánchez Rodríguez, "Tratamientos avanzados para la potabilización de aguas residuales," *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, vol. 31, no. 2, 2021, doi: 10.18359/rcin.5343.
- [3] S. A. Chuchón Martínez and C. A. Aybar Escobar, "Evaluación De La Capacidad De Remoción De Bacterias Coliformes Fecales Y Demanda Bioquímica De Oxígeno De La Planta De Tratamiento De Aguas Residuales 'La Totora', Ayacucho, Perú," *Ecología Aplicada*, vol. 7, no. 1–2, 2008, doi: 10.21704/rea.v7i1-2.372.
- [4] K. Reynolds, "Tratamiento de Aguas Residuales en Latinoamérica Identificación del Problema," *De La Llave*, 2002.
- [5] V. Abello-Passteni, E. M. Alvear, S. Lira, and E. Garrido-Ramírez, "Eco-efficiency assessment of domestic wastewater treatment technologies used in Chile," *Tecnología y Ciencias del Agua*, vol. 11, no. 2, pp. 190–228, Apr. 2020, doi: 10.24850/j-tyca-2020-02-05.
- [6] P. TORRES, "Perspectivas Del Tratamiento Anaerobio De Aguas Residuales Domésticas En Países En Desarrollo. (Spanish)," *Perspectives Of Anaerobic Treatment Of Domestic Wastewater In Developing Countries. (English)*, No. 18, 2012.
- [7] UNESCO, "Hechos y cifras, el 3er informe sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo el agua en un mundo en constante cambio," 2009.
- [8] R. G. Sánchez Proaño and K. J. García Gualoto, "Tratamiento De Aguas Residuales De Cargas Industriales Con Oxidación Avanzada En Sistemas Convencionales Tt - Wastewater Treatment Of Industrial Loads With Advanced Oxidation In Conventional Systems," *La Granja. Revista De Ciencias De La Vida*, Vol. 27, No. 1, 2018.
- [9] E. Centeno Mora and A. Murillo Marín, "Tipología de las tecnologías de tratamiento de aguas residuales ordinarias instaladas en Costa Rica," *Revista de Ciencias Ambientales*, vol. 53, no. 2, 2019, doi: 10.15359/rca.53-2.5.
- [10] J. Gualberto, L. Macías, and J. Guadalajara, "Los Lodos De Las Plantas De Tratamiento De Aguas Residuales, ¿Problema O Recurso?," 2013.
- [11] R. Romero and Y. Yoel, "Facultad De Ingeniería Civil Carrera De Ingeniería Civil Machala 2021."
- [12] M. Portero Pesantes and V. Amat Marchán, "Evaluación De La Planta De Tratamiento De Aguas Residuales De La Ciudad De Babahoyo," Sep. 2017.
- [13] G. Chamorro Romero, "Evaluación de una planta de tratamiento de aguas residuales de una empresa de fabricación de quesos," Dec. 2014.

- [14] Lema Guachamin S, "Evaluación Preliminar De La Planta De Tratamiento De Aguas Residuales No.14 De La Parroquia San Pablo Del Lago, Cantón Otavalo, Provincia De Imbabura.," Quito, Apr. 2018.
- [15] E. Merizalde, L. Montenegro, and M. Cabrera, "Estudio de un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales Provenientes de una Industria de Papel," *Revista Politécnica*, vol. 43, no. 1, 2019, doi: 10.33333/rp.vol43n1.951.
- [16] M. Mayacela, L. Maldonado, F. Morales, and B. Suquillo, "Physical characteristics of materials of Ecuadorian origin for water treatment," in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2022, vol. 958, no. 1. doi: 10.1088/1755-1315/958/1/012020.
- [17] F. Morales Fiallos, W. Medina Robalino, and B. Paredes Beltrán, "Biofiltración sobre Cama de Turba, para el Tratamiento de Aguas Residuales Provenientes del Lavado de Jeans," 2017.
- [18] F. Morales-Fiallos, L. Maldonado Narváez, G. Nuñez-Aldás, G. Paredes-Cabezas, and R. Hechavarría, "Filtro con elementos de bagazo de caña de azúcar para el tratamiento de aguas residuales de lavadoras de autos en la ciudad de Ambato, Ecuador," *Tecnología y ciencias del agua*, vol. 13, no. 5, pp. 365–395, Sep. 2022, doi: 10.24850/j-tyca-13-05-10.
- [19] M. Yanchatipán *et al.*, "Créditos elaboración de PD y OT Autoridades Y Concejo Cantonal Consejo De Planificación Cantonal".
- [20] Metcalf y Eddy, *Tratamiento, vertido y reutilización*, vol. 3. 1995.
- [21] Registro oficial de Ecuador, "Acuerdo No. 061 Reforma Del Libro Vi Del Texto Unificado De Legislación Secundaria," *Acuerdo No. 061 Reforma Del Libro Vi Del Texto Unificado De Legislación Secundaria*, 2015.
- [22] M. HECTOR, S. ESPIN, M. LOPEZ, S. TOAPANTA, and L. GALORA, "PDYOT PRESIDENTE URBINA," Jan. 2015. Accessed: Nov. 24, 2022. [Online]. Available: [http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL\\_SNI/data\\_sigad\\_plus/sigadplusdiagnostico/1865017480001\\_PDYOT%20PRESIDENTE%20URBINA%202015\\_01-07-2016\\_01-41-59.pdf](http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/1865017480001_PDYOT%20PRESIDENTE%20URBINA%202015_01-07-2016_01-41-59.pdf)
- [23] T. Otzen and C. Manterola, "Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio Sampling Techniques on a Population Study," 2017.
- [24] INEN and NTE INÉN2176:2013, "Agua.Calidad Del Agua.Muestreo.Técnicas Demuestreo," 2013.
- [25] INEN and NTE INEN 2169:2013, "Agua. Calidad Del Agua. Muestreo. Manejo Y Conservación De Muestras," 2013.
- [26] Lima, "Guía Para El Diseño De Desarenadores Y Sedimentadores," 2005.
- [27] J. Antonio, *Guía Hidráulica para el diseño de obras de drenaje en camino rurales*. 2004.

- [28] Organización Panamericana de la Salud, "Guía Para El Diseño De Tanques Sépticos, Tanques Imhoff Y Lagunas De Estabilización," 2005.
- [29] INEN and CPE INEN 5, "Código De Practica Para El Diseño De Sistemas De Abastecimiento De Agua Potable, Disposición De Excretas Y Residuos Líquidos En El Área Rural.," Lima, 2005. Doi: 10.07-610.
- [30] CONAGUA, "'Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Filtros anaeróbios de flujo ascendente,' in Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento," Mexico, 2015. Accessed: Jan. 23, 2023. [Online]. Available: [www.conagua.gob.mx](http://www.conagua.gob.mx)
- [31] Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), "Población y Demografía |." <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-de-poblacion-y-vivienda/> (accessed Jan. 27, 2023).
- [32] E. Título, "Reglamento Técnico Del Sector De Agua Potable Y Saneamiento Basico Ras-2000 Seccion Ii".
- [33] "Plan De Desarrollo Y Ordenamiento Territorial De La Parroquia Rural Presidente Urbina", Accessed: Jan. 27, 2023. [Online]. Available: [www.presidenteurbina.gob.ec](http://www.presidenteurbina.gob.ec)
- [34] M. del Agua, V. De, and S. Básicos, "Reglamento Nacional NB 688 Instituto Boliviano de Normalización y Calidad," 2007.

# ANEXOS 1



## LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación No. SAE LEN 17-012

N° SE: 070-22

### INFORME DE ANÁLISIS

**NOMBRE:** Carlos Alberto Rengel Jiménez<sup>1</sup>

**INFORME N.º** 070 - 22

**EMPRESA:** Proyecto de Tesis UTA<sup>1</sup>

**N.º SE:** 070 - 22

**DIRECCIÓN:** Ambato<sup>1</sup>

**TELÉFONO:** 0969446384<sup>1</sup>

**FECHA DE RECEPCIÓN:** 30/11/2022

**FECHA DE INFORME:** 06/12/2022

**NÚMERO DE MUESTRAS:** 2, Agua residual, PTAR<sup>1</sup>

**TIPO DE MUESTRA:**

**IDENTIFICACIÓN:** MA - 135-22 Entrada<sup>1</sup>  
MA - 136-22 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 únicamente del análisis, no de la obtención las muestras.

### RESULTADO DE ANÁLISIS

MA – 135-22

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
pH	-	PE-LSA-01	7,24	+/- 0,08	30/11/2022
* DQO	mg/L	STANDARD METHODS 5220 - D	285	N/A	30/11/2022
* DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /L	STANDARD METHODS 5210 - B	168	N/A	30/11/2022
* Sólidos Suspendidos	mg/L	STANDARD METHODS 2540 - D	162	N/A	30/11/2022
* Sólidos Totales	mg/L	STANDARD METHODS 2540 B	482	N/A	30/11/2022

-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



## LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES

Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación No. SAE LEN 17-012



Nº SE: 070-22

MA – 136-22

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
pH	-	PE-LSA-01	6,67	+/- 0,08	30/11/2022
* DQO	mg/L	STANDARD METHODS 5220 - D	263	N/A	30/11/2022
* DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /L	STANDARD METHODS 5210 - B	116	N/A	30/11/2022
* Sólidos Suspendidos	mg/L	STANDARD METHODS 2540 - D	139	N/A	30/11/2022
* Sólidos Totales	mg/L	STANDARD METHODS 2540 B	358	N/A	30/11/2022

**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. 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 2 de 2

FMC2101-01

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.



















































### ANEXO 3

#### PREDIMENSIONAMIENTO DE COLUMNAS

<b>Área tributaria</b>		<b>Carga de diseño</b>		
Longitud	2,27 m	Carga Muerta CM	60 kg/m <sup>2</sup>	
Ancho	2,54 m	Carga Viva CV	70 kg/m <sup>2</sup>	NEC
At	5,7658 m <sup>2</sup>	Carga Última Cu	184 kg/m <sup>2</sup>	(1.2CM + 1.6CV)
		<b>CARGA ÚLTIMA CU</b>	<b>202,4 kg/m<sup>2</sup></b>	<b>(1.1*Cu)</b>

#### Datos Columna Metálica

Longitud Columna	2,7 m
Fy-A36	2530 kg/cm <sup>2</sup>
Número pisos n	1

#### Carga Última

<b>Pu</b>	<b>1166,9979 kg</b>	<b>(At*CU*n)</b>
-----------	---------------------	------------------

#### Cálculo relación de Esbeltez

Proponemos	KL/r	50	
<b>øFcr</b>	<b>28,4 ksi</b>	---->	<b>1996,52 kg/cm<sup>2</sup></b>

#### Cálculo de Área requerida

<b>Areq</b>	<b>0,585 cm<sup>2</sup></b>	<b>Pu/øFcr</b>
-------------	-----------------------------	----------------

#### Buscamos un catálogo

Área	11,41 cm <sup>2</sup>
Momento Inercia	177,08 cm <sup>4</sup>
radio giro	3,94 cm

#### Cálculo de la nueva relación de esbeltez

Kasumido	1
KL/r	68,54

#### Buscamos en el cuadro de DATOS

KL/r	69
øFcr	27,6 ksi
øFcr	1940,28 kg/cm <sup>2</sup>

#### Cálculo de la nueva carga última

<b>Pu1</b>	<b>22138,59 kg</b>	<b>øFcr*A</b>
------------	--------------------	---------------

#### COMPROBACIÓN

Pu1:	22138,59 kg
Pu:	1167,00 kg

**CUMPLE**

Designaciones	Área	Peso	Propiedades Estáticas			
			Eje x-x = y-y			
			Momento de inercia	Módulo de resistencia	Radio de giro	
B	e	A	P	I	W	i
mm	mm	cm <sup>2</sup>	kg/m	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm
100	1,80	6,99	5,48	111,62	22,32	4,00
	2,00	7,74	6,07	123,01	24,60	3,99
	2,20	8,59	6,63	135,65	26,13	3,96
	2,40	11,41	8,98	177,08	35,49	3,94
	4,00	14,95	11,73	225,46	45,29	3,89
	5,00	16,35	14,41	271,36	54,27	3,84
	6,00	21,63	16,98	312,00	62,40	3,80

#### PREDISEÑO DE VIGAS Y CORREAS

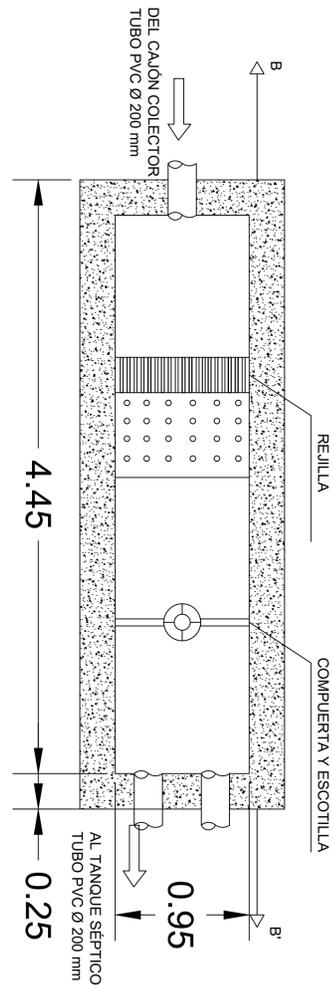
<b>Q</b>	<b>60 kg/m<sup>2</sup></b>
<b>A</b>	<b>0,9 m</b>
<b>P</b>	<b>54 Kg/m</b>

Designaciones	Espesor	Peso	Área	Propiedades Estáticas								
				Eje x-x				Eje y-y				
				Momento de inercia	Módulo de resistencia	Radio de giro	Momento de inercia	Módulo de resistencia	Radio de giro	Diferencia de ejes inercia		
H	B	e	e	P	A	I	W	i	I	W	i	X
mm	mm	mm	mm	kg/m	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm
100	50	15	1,20	12,55	2,57	43,53	8,71	4,04	9,64	2,95	1,90	1,73
			1,50	15,65	3,30	53,48	10,70	4,02	11,74	3,59	1,89	1,73
			1,80	18,50	3,93	63,06	12,61	4,01	13,72	4,19	1,87	1,73
			2,00	20,43	4,34	69,24	13,85	4,00	14,98	4,57	1,83	1,73
			2,50	25,15	5,34	84,01	16,80	3,97	17,90	5,46	1,83	1,72
			3,00	29,71	6,31	97,70	19,56	3,95	20,52	6,25	1,81	1,72

# PLANOS

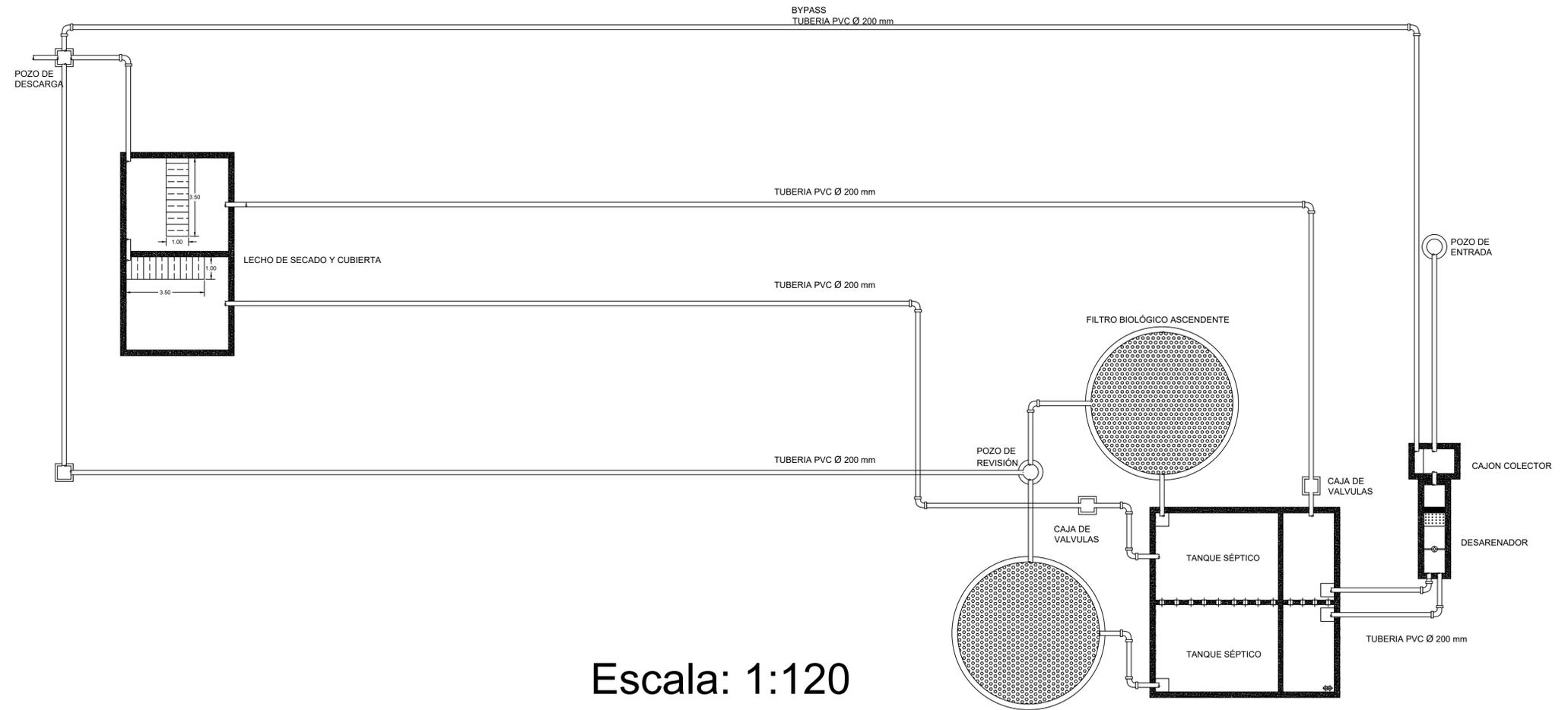
# PTAR RELLENO SANITARIO

## DESARENADOR



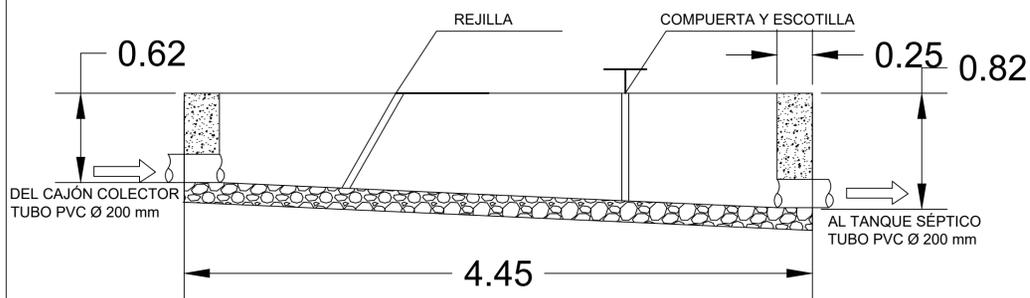
VISTA EN PLANTA

Escala: 1:25



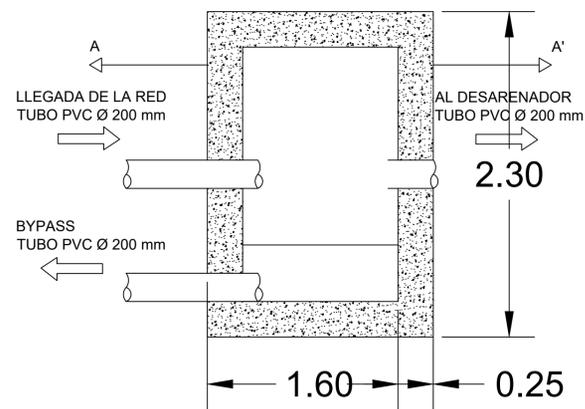
Escala: 1:120

## CAJÓN COLECTOR



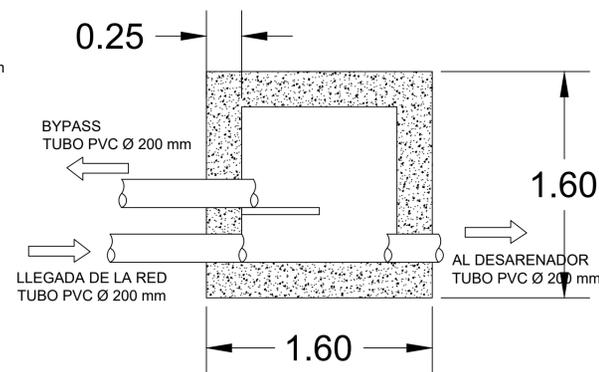
CORTE B - B'

Escala: 1:25



VISTA EN PLANTA

Escala: 1:25



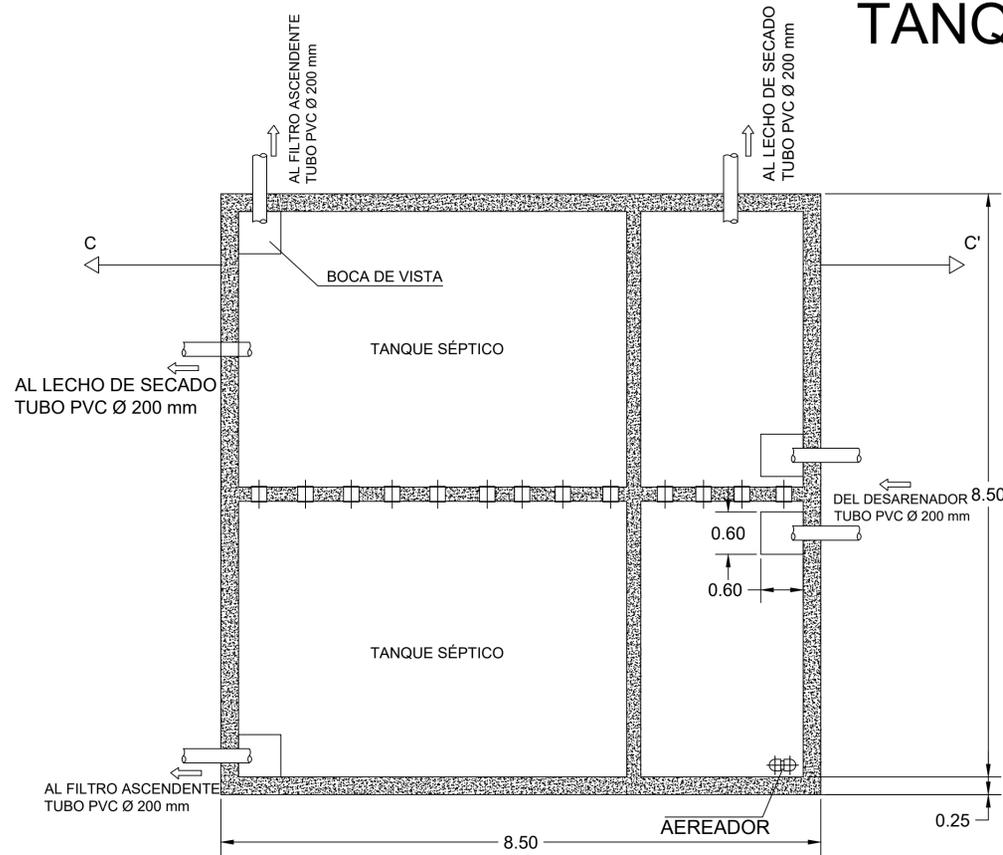
CORTE A - A'

Escala: 1:25

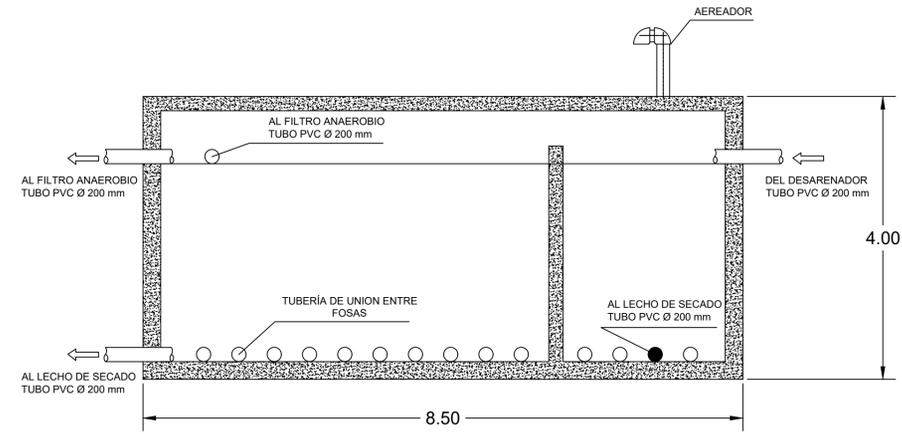
<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL	
PROYECTO: <b>MEJORAMIENTO DE LA PTAR SECTOR RELLENO SANITARIO</b>	
ELABORÓ  Carlos Rengel	REVISÓ  Ing. Fabian Morales
ESCALA: INDICADAS      FECHA: FEBRERO / 2023	
LAMINA: 1 DE 4	
UBICACION: PILLARO - TUNGURAHUA	
CONTIENE: IMPLANTACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO	

SELLO:

# TANQUE SÉPTICO

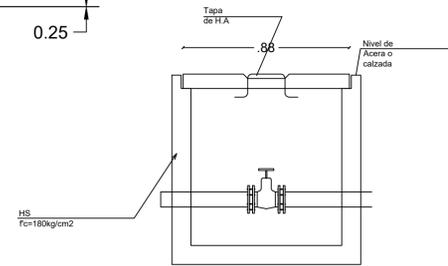


VISTA EN PLANTA  
Escala: 1:50

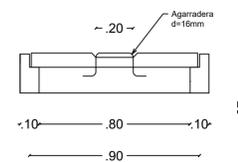


CORTE C - C'  
Escala: 1:50

# CAJA PARA VÁLVULAS

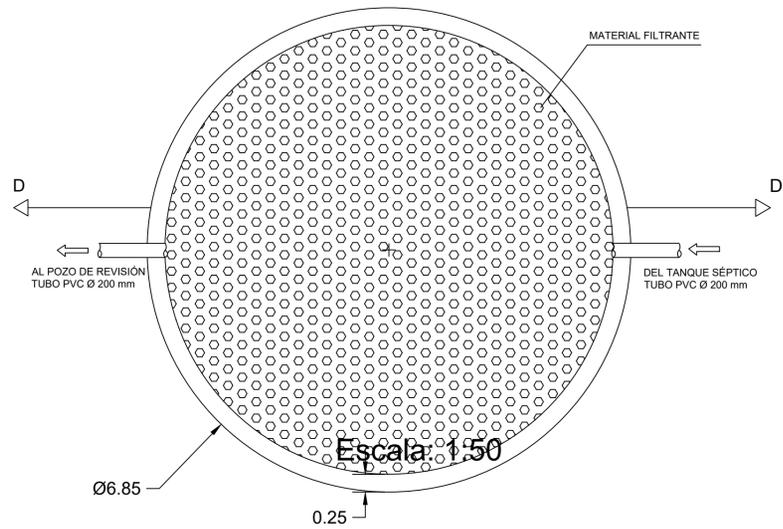


VISTA EN PLANTA PARA CAJA  
DE VÁLVULAS  
ESCALA: 1:25

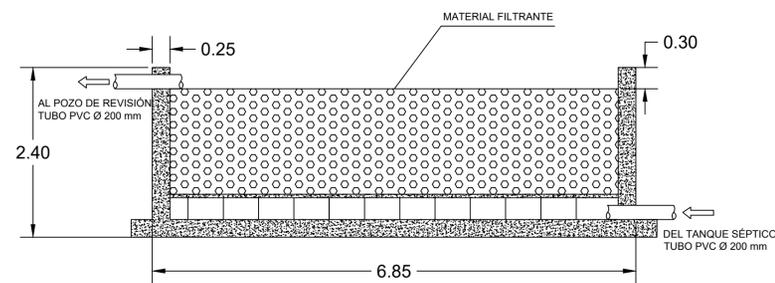


DETALLE DE LA TAPA

# FILTRO DE FLUJO ASCENDENTE



VISTA EN PLANTA



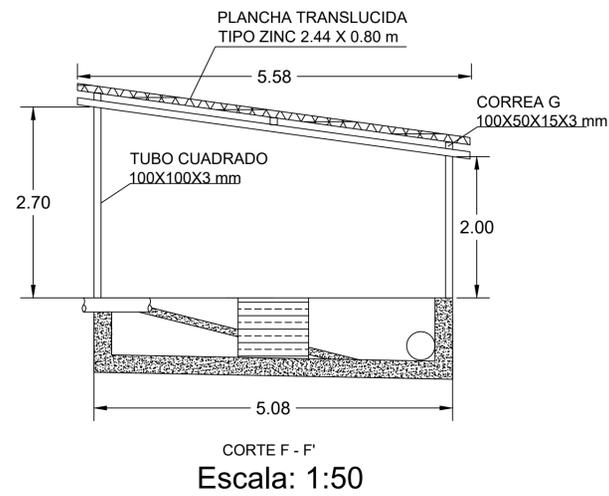
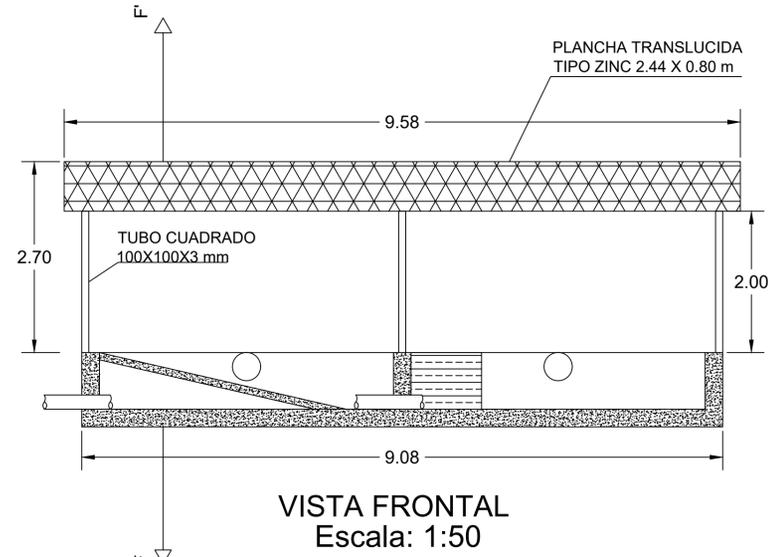
CORTE D - D'  
Escala: 1:50

<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL	
PROYECTO: <b>MEJORAMIENTO DE LA PTAR SECTOR RELLENO SANITARIO</b>	
ELABORÓ  Carlos Rengel	REVISÓ  Ing. Fabian Morales
ESCALA: <b>INDICADAS</b>	FECHA: FEBRERO / 2023
LAMINA: 2 DE 4	
UBICACION: PILARO - TUNGURAHUA	
CONTIENE: <b>COMPONENTES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO</b>	

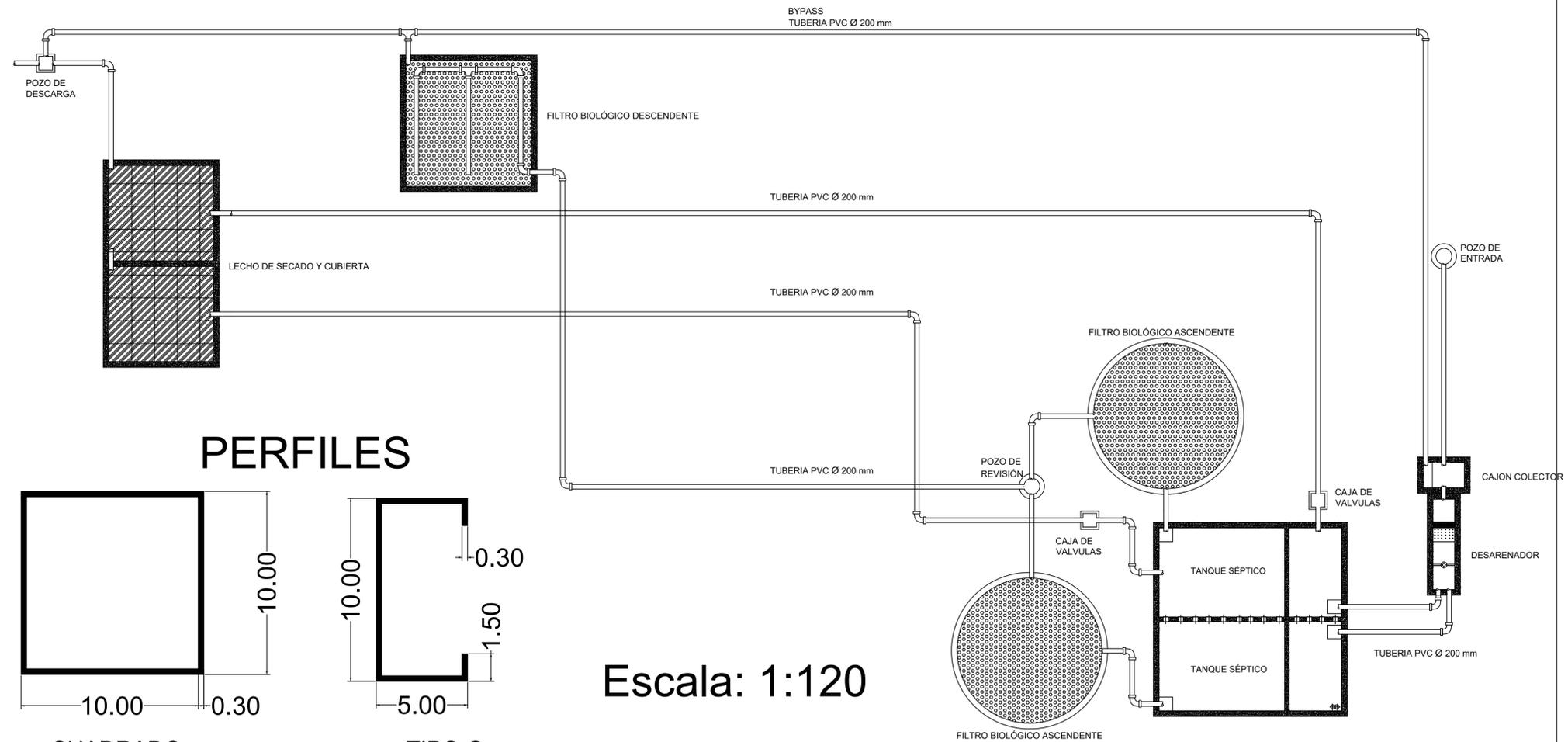
SELLO:



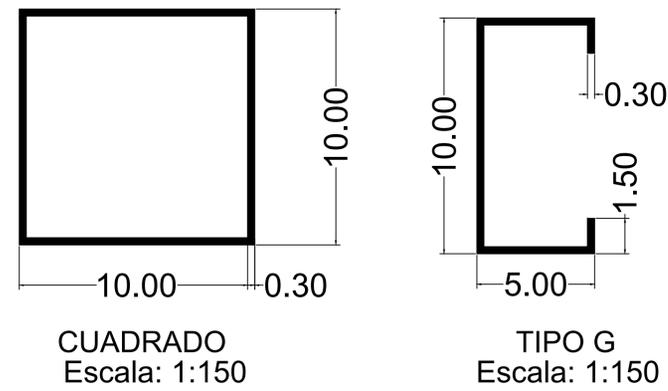
# CUBIERTA



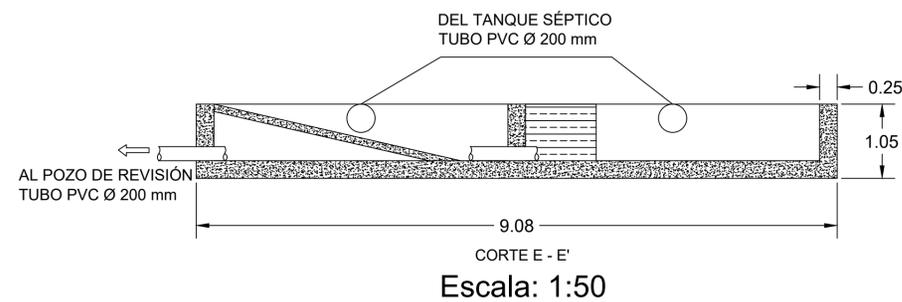
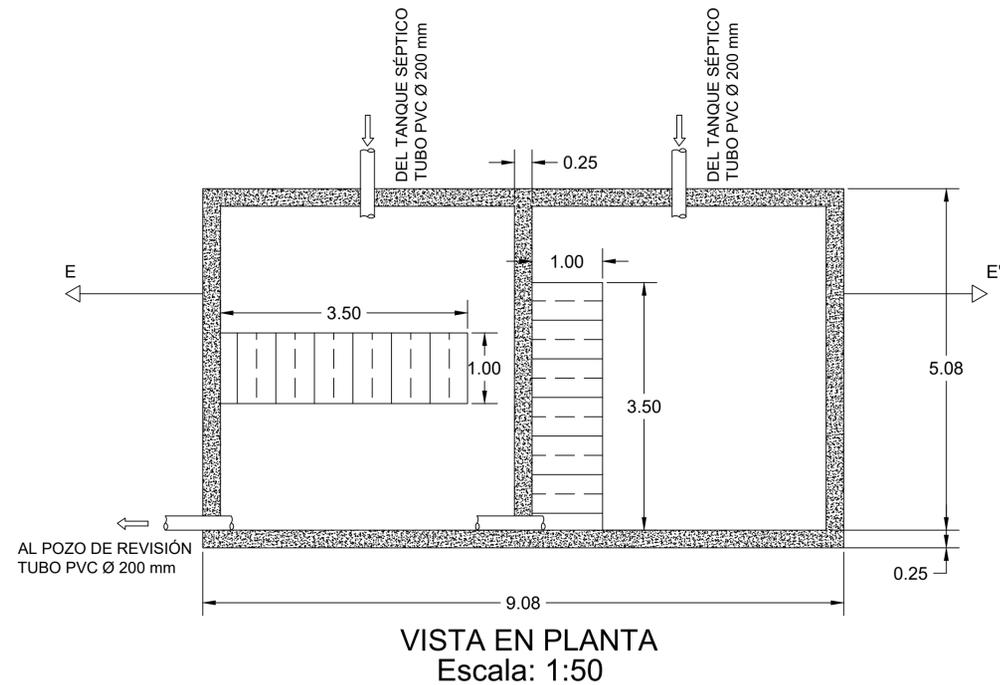
# PTAR RELLENO SANITARIO CON NUEVAS UNIDADES HIDRAULICAS



# PERFILES



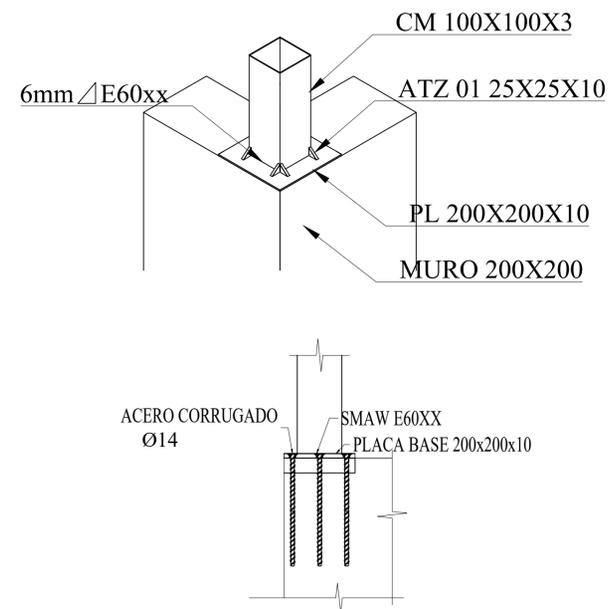
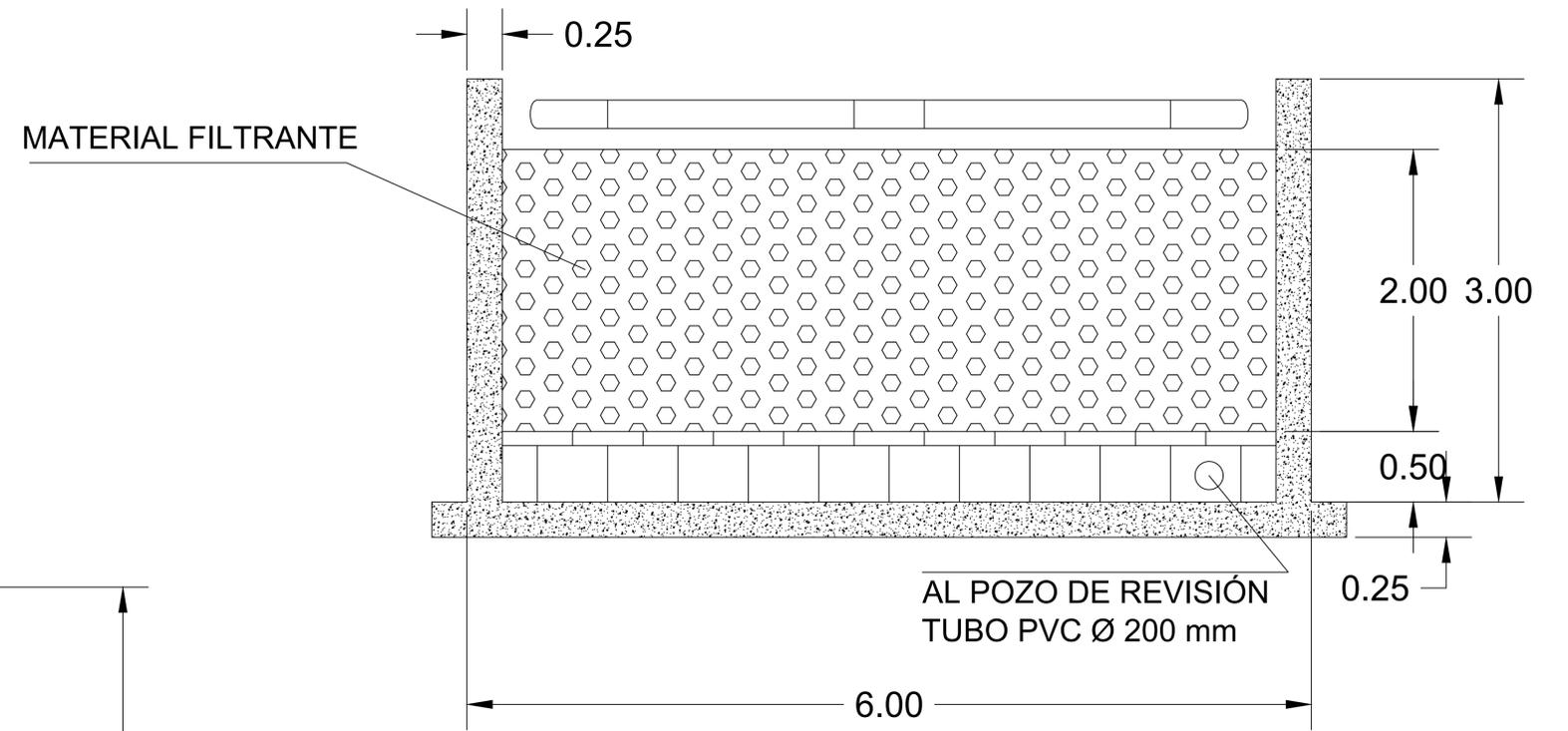
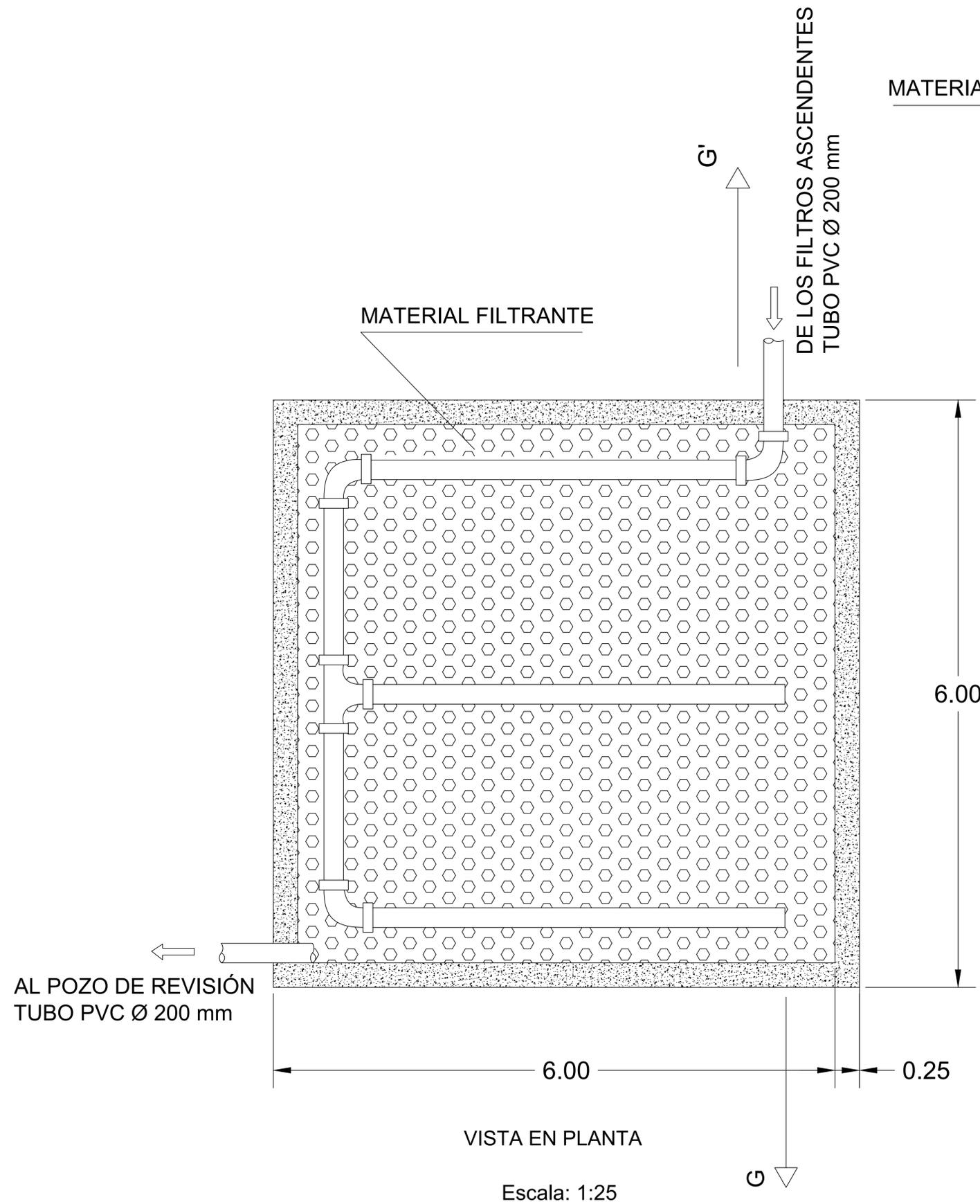
# LECHO DE SECADO DE LODOS



<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL	
PROYECTO: <b>MEJORAMIENTO DE LA PTAR SECTOR RELLENO SANITARIO</b>	
ELABORÓ  Carlos Rengel	REVISÓ  Ing. Fabian Morales
ESCALA: <b>INDICADAS</b>	FECHA: FEBRERO / 2023
LAMINA: 3 DE 4	
UBICACION: PILARO - TUNGURAHUA	
CONTIENE: <b>IMPLANTACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO CON MEJORAS HIDRAULICAS</b>	



# FILTRO ANAEROBIO DE FLUJO DESCENDENTE



<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL	
PROYECTO: <b>MEJORAMIENTO DE LA PTAR SECTOR RELLENO SANITARIO</b>	
ELABORÓ:  Carlos Rengel	REVISÓ:  Ing. Fabian Morales
ESCALA: <b>INDICADAS</b> FECHA: FEBRERO / 2023	
LAMINA: <b>4 DE 4</b>	
UBICACION: <b>PILLARO - TUNGURAHUA</b>	
CONTIENE: <b>FILTRO ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE</b>	

