



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

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

TEMA:

**“EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES DE LA PARROQUIA SAN ANDRÉS, CANTÓN PÍLLARO,
PROVINCIA TUNGURAHUA.”**

AUTORA: Karina Belén Tamay Chiluiza

TUTOR: Ing. Mg. Galo Wilfrido Núñez Aldas

AMBATO – ECUADOR

Marzo - 2022

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutor del Trabajo Experimental, previo a la obtención del título de Ingeniera Civil, con el tema: **“EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PARROQUIA SAN ANDRÉS, CANTÓN PÍLLARO, PROVINCIA TUNGURAHUA”**. elaborado por la **Srta. Karina Belén Tamay Chiluita**, portadora de la cédula de ciudadanía: C.I 1805204532, 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 2022

Ing. Mg. Galo Wilfrido Núñez Aldas

TUTOR

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Yo. **Karina Belén Tamay Chiluita** con C.I:1805204532, declaro que todas las actividades y contenido expuesto en el presente trabajo experimental con el tema: **“EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PARROQUIA SAN ANDRÉS, CANTÓN PÍLLARO, PROVINCIA TUNGURAHUA”**, así como también los análisis estadísticos, gráficos, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autora del proyecto, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, Marzo 2022



Karina Belén Tamay Chiluita

C.I: 1805204532

AUTORA

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 patrimonial 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 2022



Karina Belén Tamay Chiluiza

C.I: 1805204532

AUTORA

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros de Tribunal de Grado aprueban el informe del Trabajo Experimental, realizado por la estudiante Karina Belén Tamay Chiluzza de la Carrera de Ingeniería Civil bajo el tema: **“EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PARROQUIA SAN ANDRÉS, CANTÓN PÍLLARO, PROVINCIA TUNGURAHUA”**.

Ambato, Marzo 2022

Para constancia firman:

Ing. Mg. Fabián Rodrigo Morales Fiallos
Miembro Calificador

Ing. Mg. Jorge Javier Guevara Robalino
Miembro Calificador

DEDICATORIA

Primeramente, a Dios por permitirme llegar a esta etapa de mi vida, a mis padres por ayudarme a cumplir mis sueños por su ejemplo de lucha y perseverancia por enseñarme que todo sacrificio tiene su recompensa y hoy lo veo reflejado porque gracias a ellos hoy estoy culminando una de mis grandes y anheladas metas, este trabajo quiero dedicar a mi hijo porque sin él esto no viera sido posible llegar a culminar mi profesión, a mi esposo por estar en los momentos más difíciles de mi vida estudiantil.

Karina Tamay

AGRADECIMIENTO

A Dios por permitirme llegar a esta etapa de mi vida, a mis padres Blanca y Julio porque sin ellos esto no hubiera sido posible gracias a ellos a su esfuerzo y perseverancia, gracias por estar en esos momentos más difíciles de mi vida, a mis hermanos por su apoyo y como no agradecer a mi esposo Alex por estar siempre a mi lado apoyándome en las decisiones que tomo, a mi hijo Anderson ya que él fue y es mi impulso mi fortaleza para querer ser cada día mejor.

A mis amigas incondicionales Pamela y Fátima gracias por ser parte de este trayecto de vida estudiantil por estar en las buenas y malas.

A mi Universidad Técnica de Ambato por abrirme sus puertas y formar parte de su gran familia de estudiantes y profesionales.

A mis profesores de mi carrera agradecer por impartir sus conocimientos conmigo gracias a ellos e podido llegar con muchos conocimientos que me van a servir en mi vida profesional.

A mi tutor de tesis Ing. Galo por asesorarme y brindarme el tiempo necesario para el desarrollo de mi proyecto.

Karina Tamay

ÍNDICE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
CAPÍTULO I	1
MARCO TEÓRICO	1
1.1 Antecedentes Investigativos.....	1
1.1.1 Antecedentes	1
1.1.2 Justificación.....	4
1.1.3 Fundamentación teórica	6
1.1.3.1 Aguas Residuales	6
1.1.3.2 Componentes de las Aguas Residuales	6
1.1.3.3 Tipos de Aguas Residuales	6
1.1.3.3.1 Agua residual doméstica o urbana	6
1.1.3.3.2 Agua residual Industrial	7
1.1.3.3.3 Agua residual de la agricultura y ganadería.....	7
1.1.3.3.4 Agua residual derivada de la lluvia.....	8
1.1.3.4 Tratamiento para aguas residuales	9
1.1.3.4.1 Pretratamiento	9
1.1.3.4.2 Tratamiento primario	9
1.1.3.4.3 Tratamiento secundario.....	9
1.1.3.4.4 Tratamiento avanzado	9
1.1.3.5 Características de las aguas Residuales	10
1.1.3.5.1 Características físicas	12

1.1.3.5.2	Características químicas.....	12
1.1.3.5.3	Características biológicas.....	12
1.1.3.6	PTAR (Planta de Tratamiento de Aguas Residuales)	12
1.1.3.7	Agua residual tratada.....	13
1.1.3.8	Agua residual tratada.....	18
1.1.3.8.1	Pre-tratamiento	18
1.1.3.8.2	Tratamiento primario	19
1.1.3.8.3	Tratamiento secundario.....	19
1.1.3.8.4	Tratamiento terciario	19
1.1.3.9	Componentes para el tratamiento de agua residual.....	20
1.1.3.9.1	Cribado.....	20
1.1.3.9.2	Desarenador.....	20
1.1.3.9.3	Tanque Séptico.....	20
1.1.3.9.4	Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA)	21
1.1.3.9.5	Lecho de secado de Lodos	21
1.1.3.9.6	Desinfección.....	21
1.1.3.9.7	Porcentajes de remoción teórica por procesos	21
1.1.3.10	Parámetros de las aguas residuales	22
1.1.3.10.1	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	22
1.1.3.10.2	Demanda Química de Oxígeno (DQO).....	23
1.1.3.10.3	Potencial Hidrógeno – Parámetro Químico (pH).....	23
1.1.3.10.4	Nitrógeno total – Gas (N).....	23
1.1.3.10.5	Fósforo (P)	24
1.1.3.10.6	Sólidos Suspendidos (SS)	24
1.1.4	Hipótesis.....	24
1.2	Objetivos	25
1.2.1.	Objetivo general	25
1.2.2.	Objetivos específicos	25
	CAPÍTULO II	26
	METODOLOGÍA.	26
2.1	Materiales y Equipos.....	26
2.2	Métodos.....	27
2.2.1	FASE 1: Información del sector.....	27

2.2.2	FASE 2: Recolección de datos de caudales de Afluentes y Efluentes... 27	27
2.2.3	FASE 3: Análisis de laboratorio de las características físico-químicas del agua..... 28	28
2.2.4	FASE 4: Análisis general del funcionamiento de la PTAR..... 28	28
2.2.5	FASE 5: Diagnóstico General de la PTAR..... 28	28
	CAPÍTULO III..... 29	29
	RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... 29	29
3.1	Análisis y discusión de los resultados..... 29	29
3.1.1	FASE 1: Información del sector..... 29	29
3.1.2	FASE 2: Recolección de datos..... 311	311
3.1.2.1	Medición de las propiedades geométricas de la PTAR..... 311	311
3.1.2.2	Medición de caudales método volumétrico. 31	31
3.1.3	FASE 3: Análisis de laboratorio 34	34
3.1.4	FASE 4: Análisis y verificación de funcionamiento PTAR 38	38
3.1.4.1	Reja de entrada (limpieza manual)..... 39	39
3.1.4.2	Desarenador..... 39	39
3.1.4.3	Tanque séptico. 40	40
3.1.5	FASE 5: Diagnóstico General de la PTAR..... 40	40
3.1.5.1	Análisis de muestras de agua residual..... 41	41
3.1.6	Comparación y análisis de resultados con la normativa ambiental TULSMA 2015..... 42	42
3.2	Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la parroquia San Andrés..... 45	45
3.2.1	Diagnostico Técnico..... 45	45
3.2.1.1	Elementos actuales del sistema de tratamiento de la PTAR 46	46
3.2.2	Dimensiones actuales de los elementos que conforman la PTAR..... 46	46
3.2.2.1	Reja de entrada..... 46	46
3.2.2.2	Desarenador..... 47	47
3.2.2.3	Tanque Séptico..... 48	48
3.2.3	Diagnóstico de funcionamiento teórico actual de la PTAR..... 50	50
3.2.3.1	Diagnóstico de funcionamiento del Desarenador (OPS) 50	50
3.3	Verificación de Hipótesis..... 58	58

3.4	Propuesta para el mejoramiento del proceso de tratamiento de la PTAR y los parámetros ambientales.	58
3.4.1	Diseño del nuevo proceso de tratamiento	60
3.4.1.1	Diseño del Cribado.....	60
3.4.1.2	Diseño del Desarenador	62
3.4.1.3	Diseño del tanque séptico de doble cámara	67
3.4.1.4	Diseño del filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA).....	70
3.4.1.5	Diseño del lecho de secado de lodos.....	72
3.4.2	Comparación (PTAR actual con la PTAR propuesta)	74
3.5	Operación y mantenimiento del proceso de tratamiento.....	76
3.5.1	Cribado.....	76
3.5.2	Desarenador.....	76
3.5.3	Tanque séptico	77
3.5.4	Fafa.....	77
3.5.5	Lecho de secado de lodos.....	77
	CAPÍTULO IV	79
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	79
4.1	Conclusiones	79
4.2	Recomendaciones.....	80
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81
	ANEXOS	84

ÍNDICE TABLAS

Tabla 1:	Características físicas del agua residual y su procedencia.	10
Tabla 2:	Características químicas del agua residual y su procedencia.....	10
Tabla 3:	Características biológicas del agua residual y su procedencia.....	11
Tabla 4:	Límites de descarga al sistema de alcantarillado público	13
Tabla 5:	(continuación) Límites de descarga al sistema de alcantarillado público.....	14
Tabla 6:	Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce	14
Tabla 7:	(continuación) Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.....	15
Tabla 8:	Límites de descarga a un cuerpo de agua marina.....	16
Tabla 9:	(continuación) Límites de descarga a un cuerpo de agua marina	17
Tabla 10:	Objetivo de los procesos de pre-tratamiento.....	18
Tabla 11:	Remoción de contaminantes del agua residual tratada por procesos unitarios.....	22
Tabla 12:	Materiales utilizados en la investigación.	26
Tabla 13:	Equipos de seguridad utilizados en la investigación.....	27
Tabla 14:	Resumen de la toma de caudales de Ingreso de la PTAR (lt/s).	31
Tabla 15:	Resumen de la toma de caudales de Salida de la PTAR (lt/s).	32
Tabla 16:	Resultados de los análisis de agua a la entrada de la PTAR.	36
Tabla 17:	Resultados de los análisis de agua a la salida de la PTAR.	37
Tabla 18:	Grado de remoción teórica de contaminantes por procesos unitarios....	42
Tabla 19:	Comparación de los resultados del análisis de laboratorio con la normativa (Muestra 1 y 2 a la entrada y salida de la PTAR).	43
Tabla 20:	Remoción real de contaminantes (Muestra 1 y 2).....	44
Tabla 21:	Remoción teórica de contaminantes (Muestra 1 y 2).....	44
Tabla 22:	Dimensiones de la Reja de entrada	46
Tabla 23:	Dimensiones del Desarenador.....	47
Tabla 24:	Dimensiones del Filtro Percolador.....	49
Tabla 25:	Dimensiones del Desarenador propuesto.	54
Tabla 26:	Dimensiones recalculadas tanque séptico	57
Tabla 27:	Grado de remoción teórica de la propuesta de tratamiento.....	59
Tabla 28:	Dimensiones del Cribado (Propuesta 1).....	61

Tabla 29:	Dimensiones del Desarenador propuesto.	67
Tabla 30:	Dimensiones recalculadas tanque séptico	69
Tabla 31:	Dimensiones del filtro anaerobio de flujo ascendente.	72
Tabla 32:	Dimensiones del filtro anaerobio de flujo ascendente.	74
Tabla 33:	Comparación (condición actual vs propuesta)	75
Tabla 34:	Actividades y mantenimiento de la PTAR.....	77

ÍNDICE FIGURAS

Figura 1:	Agua residual doméstica	7
Figura 2:	Agua residual industrial	7
Figura 3:	Agua residual agrícola y ganadera	8
Figura 4:	Agua residual de la lluvia	8
Figura 5:	Parroquia San Andrés.....	30
Figura 6:	Comportamiento de los caudales de salida	32
Figura 7:	Comportamiento de Caudales de Salida de la PTAR.....	33
Figura 8:	Medición de caudales de ingreso a la PTAR	33
Figura 9:	Medición de caudales de salida a la PTAR.....	34
Figura 10:	Obtención de muestra a la entrada de la PTAR.	34
Figura 11:	Obtención de muestra a la salida de la PTAR.....	35
Figura 12:	Muestras obtenidas para los análisis de laboratorio.....	35
Figura 13:	Estado actual de la planta de tratamiento de la parroquia San Andrés (PTAR).....	38
Figura 14:	Proceso de tratamiento actual de la PTAR de la parroquia San Andrés.	38
Figura 15:	Reja de entrada (PTAR).....	39
Figura 16:	Desarenador (PTAR).....	39
Figura 17:	Tanque séptico (PTAR).....	40
Figura 18:	Esquema de remoción real de contaminantes (Muestra 1 y 2).....	44
Figura 19:	Esquema de remoción teórica de contaminantes (Muestra 1 y 2).....	45
Figura 20:	Diagrama de flujo actual de la PTAR.	46
Figura 21:	Diagrama de flujo actual de la PTAR.	47
Figura 22:	Vista en planta del Desarenador.....	48
Figura 23:	Vista en elevación del Desarenador.	48
Figura 24:	Diagrama de flujo actual de la PTAR.	48
Figura 25:	Vista en planta tanque séptico.....	49
Figura 26:	Vista en elevación tanque séptico.	49
Figura 27:	Valores de sedimentación.	52
Figura 28:	Curvas de comportamiento.	54
Figura 29:	Propuesta para el proceso de tratamiento	59
Figura 30:	Cribado propuesto.	62
Figura 31:	Valores de sedimentación.	64

Figura 32: Curvas de comportamiento.	66
Figura 33: FAFA	72
Figura 34: Lecho de secado de lodos propuesto	74
Figura 35: Estado actual de la planta de tratamiento de la parroquia San Andrés ..	85
Figura 36: Toma de muestras de la entrada del PTAR.....	85
Figura 37: Toma de muestras de la salida del PTAR.	86
Figura 38: Muestras obtenidas para los análisis de laboratorio.....	86
Figura 39: Reja de entrada (PTAR).....	86
Figura 40: Tanque séptico (PTAR).....	87
Figura 41: Desarenador (PTAR).....	87

RESUMEN

En el presente trabajo experimental se realizó la evaluación con el objetivo de determinar si el agua tratada que se descarga al río cumple con la norma TULSMA 2015 por lo que se inició con el levantamiento de la información de todo el sector en donde está ubicada actualmente la PTAR; se procedió a realizar la recolección de datos de los caudales del afluente y efluente, se realizó el muestreo del agua residual en los puntos de ingreso y salida a la PTAR para el análisis de las características físico-químicas que fueron procesadas en un laboratorio.

Posteriormente se realizó la comparación con los parámetros de descarga de aguas que establece el TULSMA 2015 donde se pudo verificar que la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y la Demanda Química de Oxígeno (DQO) no cumplen con lo establecido en la normativa vigente, por lo que se optó en buscar una propuesta que permitan mejorar los parámetros mencionados.

Con los resultados obtenidos se realizó un análisis según el grado de remoción real para realizar un recalcu de sus propiedades geométricas con el fin de dar un diagnóstico definitivo del estado actual de la PTAR y se comprobó que permiten mejorar el DBO y DQO del agua tratada antes de su descarga final, misma que incluye: cribado, desarenador, tanque séptico, fafa, lecho de secado de lodos y una planta de desinfección. Adicionalmente se implementó un plan de operación y mantenimiento que cumpla eficientemente el propósito para el cual fue diseñada dicha PTAR.

Palabras clave: Tanque séptico, Desarenador, Afluente, Efluente, Fafa, Filtro percolador, Desinfección.

ABSTRACT

In the present experimental work, the evaluation was carried out in order to determine if the treated water that is discharged into the river complies with the TULSMA 2015 standard, which is why it began with the gathering of the information of the entire sector where the PTAR; Data collection on the effluent and effluent flows was carried out, the residual water was sampled at the entry and exit points to the PTAR for the analysis of the physical-chemical characteristics that were processed in a laboratory. Subsequently, a comparison was made with the water discharge parameters established by TULSMA 2015 where it was possible to verify that the Biochemical Oxygen Demand (DBO) and the Chemical Oxygen Demand (DQO) do not comply with the provisions of current regulations, for so it was decided to look for a proposal that would allow to improve the mentioned parameters.

With the results obtained, an analysis was carried out according to the degree of actual removal to perform a recalculation of its geometric properties in order to give a definitive diagnosis of the current state of the PTAR and it was found that they allow to improve the BOD and COD of the water treated before final discharge, which includes: screening, sand trap, inhoff tank, trickling filter, fafa, sludge drying bed and a disinfection plant. Additionally, an operation and maintenance plan was implemented that efficiently fulfills the purpose for which said PTAR was designed.

Keywords: Imhoof tank, desander, tributary, effluent, fafa, trickling filter, disinfection.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes Investigativos

1.1.1 Antecedentes

Dentro del Programa de las Naciones Unidas se encuentran diversos objetivos para el desarrollo sostenible cuyo propósito es garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos. Como un llamado universal para proteger el planeta que las personas gocen de paz y prosperidad en un área de sostenibilidad medio ambiental, económica y social. Por otro lado, es fundamental realizar inversiones adecuadas en infraestructura, además, proporcionar instalaciones sanitarias y promover prácticas de higiene. En 2015, aproximadamente 4500 millones de personas no disponían de un sistema de saneamiento administrados de forma segura y 2300 millones carecían incluso de saneamiento básico, sin embargo, está íntimamente relacionado a que 844 millones de personas carecen de agua potable básica por lo que representa que el 80% de las aguas residuales se vierten en vías fluviales sin un tratamiento adecuado provocando estrés hídrico a más de 2 mil millones de personas con una proyección en aumento [1].

El agua es un elemento importante para la vida y que presenta gran relevancia en la economía mundial, es necesaria e indispensable para la supervivencia de los seres humanos, además es un recurso clave utilizada en diversas actividades como la agricultura y la industria, lo que genera una demanda creciente y produce una gran cantidad de aguas residuales, las mismas que requieren de un tratamiento previo antes de su disposición final [2].

De acuerdo con la ONU, el acceso al agua, saneamiento e higiene es un derecho humano, pero alrededor de 1.800 millones de personas en todo el mundo utilizan una fuente de agua que está contaminada con desechos fecales. Se estima que 2.400 millones de personas no tienen acceso a condiciones de saneamiento básico, como retretes y letrinas. Más del 40% de la población mundial sufre escasez de agua y este porcentaje puede incrementar [3].

Últimamente, en a nivel mundial el manejo de las diversas aguas residuales se lo ha venido haciendo de forma incorrecta debido a lo sofisticado y costoso de las redes del

constante monitoreo y los equipos necesarios para obtener datos de alta calidad para valorar los efectos de las diversas sustancias tóxicas vertidas al ambiente. Hay que tener en cuenta que el resultado es una merma sustancial de la calidad del agua por lo que de alguna manera habrá menor disponibilidad para los usos humanos así también para los servicios ambientales necesarios para el sostenimiento de la vida en el planeta [4]. Hay que tener en cuenta que varios de los problemas relacionados con la salud se deben a la excesiva contaminación hídrica, misma que se debe controlar por medio de la implementación de sistemas de saneamiento que permitan reducir los diversos contaminantes presentes en el agua residual. Por otro lado, hay que seleccionar el proceso de tratamiento adecuado y óptimo, que sea eficiente y brinde la calidad de agua requerida que se encuentren dentro de los parámetros ambientales para su posterior descarga en el cuerpo dulce (ríos) ya que en la mayoría de las ocasiones será reutilizada para la realización de otras actividades aguas abajo [5].

Según la SENAGUA en su base de datos, indican que el total del líquido vital utilizado en el consumo humano en Ecuador es alrededor del 70%, mismo que es canalizado mediante sistemas de alcantarillado, de este porcentaje apenas se logra tratar el 55.8% que es agua residual y el 44.2% se descarga directamente en pozos sépticos, canales o a su vez son vertidos directamente en los ríos del país. La población rural (o población con poco desarrollo) no cuentan con sistemas de depuración adecuados, provocando que su grado de contaminación sea elevado y perjudiquen las cuencas hidráulicas del país [6].

En los países de América Latina y el Caribe, en relación a los servicios de saneamiento, sólo el 51% de la población regional se conecta a sistemas convencionales de alcantarillado y otro 26% utiliza sistemas de saneamiento in situ. Sin embargo, el saneamiento, ya sea por alcantarillado o en situ, en la mayoría de los casos, no se asocia con la infraestructura adecuada para su tratamiento [7].

A partir de finales de los años 90, la proporción de aguas residuales tratadas en Latinoamérica casi se ha duplicado, actualmente entre un 20% y 30% de las aguas residuales recolectadas en redes de alcantarillado urbano son objeto de tratamiento. Sin embargo, aún queda mucho camino por recorrer, ya que estos porcentajes también significan que entre el 70% y el 80% de las aguas se vierten sin tratamiento [8].

La Planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) que se encuentra ubicada en la Victoria, ha venido acarreado problemas en los últimos años después de su

construcción por lo que su funcionalidad ha sido de forma parcial es decir que no tienen el funcionamiento adecuado para la cual fue construida, esto hace que la PTAR no remueva los diversos contaminantes que por defecto traen las aguas residuales que ingresan a la planta.

Se realizó una investigación con los moradores de dicho Barrio y nos vamos cuenta que el agua residual que ingresa a la PTAR no solo es de agua doméstica, sino que también ingresa de las aguas lluvias por lo que está afectando el proceso de tratamiento y sobrepasando el caudal de diseño para el cual fue diseñado la planta.

Por otro lado, hay que tener en cuenta que esta PTAR no fue diseñada correctamente para el uso que se está dando ya que en la actualidad no consta con los respectivos filtros y componentes que debería tener una PTAR.

Es por esta razón que es necesario realizar un plan a través del cual se evalúe las plantas de tratamiento de aguas residuales existentes en las distintas ciudades y poblados del país para reducir la contaminación de las diferentes cuencas, además tener un control permanente de las mismas para asegurar su correcto funcionamiento [31].

1.1.2 Justificación

En Ecuador, se trata aproximadamente el 12% de las aguas residuales domésticas, de las cuales el 88% de las aguas residuales restante, se vierte directamente a quebradas y ríos sin tratar [9].

La ley ecuatoriana establece que todas las aguas servidas deben ser tratadas. Esto consta en el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA), donde se especifican los parámetros de descarga. Esta normativa ha sido obviada por los municipios, la mayoría de ciudades no cuenta con Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) ni tampoco con sistemas de alcantarillado por separado para aguas servidas y aguas lluvia, lo que dificulta su tratamiento [9].

En el 2015 el Ecuador contaba con 421 plantas de tratamiento de aguas residuales, de las cuales el 49,88% se encontraban en la Región Sierra, el 30,64% en la Región Costa, el 19% en la Región Amazónica y el 0,48% restante en la Región Insular [10].

De los 221 municipios existentes en el país, solo 133 cuentan con un sistema de tratamiento de agua residual, 53 lo hacen de manera inconclusa y 82 no realizan ningún tipo de tratamiento, de éstos, el 59,26% depositan el agua residual no tratada en los ríos, el 25,19% en quebradas y el restante 15,56% se vierte en otros sitios. En la Región Insular el 100% del agua residual no tratada se vierte al mar [10].

Así mismo, 6 de cada 10 GAD Municipales, direccionan la prestación del servicio de agua potable y alcantarillado a través del Municipio, 3 mediante Empresa Pública Municipal y la diferencia opera con gestión de Empresa Pública Mancomunada, Empresa Regional y Operador Privado [10].

En la Provincia de El Oro, la cobertura de alcantarillado en el año 2013 era del 74,8%, siendo Machala la ciudad de mayor cobertura de redes con un 74,5%, seguida de Marcabellí, con un 71,1%, y las de menor cobertura, Chilla con un 31,8% y Huaquillas con 39,2% [11].

La planta de tratamiento a la cual va a ser conducida el agua residual debe estar constituida por un adecuado proceso de tratamiento, el mismo que debe encargarse de remover en su totalidad los contaminantes que se encuentren en la misma. Por otro lado, si la planta de tratamiento se encuentra abastecida por un caudal diferente tanto en cantidad como en características físico-químicas, para el cual fue diseñado en un

comienzo, esta va a provocar que el agua residual que ingrese no se descontamine, incluso pueda salir más contaminada de lo que llevo a la planta. [12]

Es muy importante tomar en cuenta que las plantas de tratamiento deben ser continuamente monitoreadas y controladas para verificar su adecuado funcionamiento. En México se estima que de la totalidad de plantas de tratamiento existentes en dicho país solo el 5% se encuentran siendo operadas de forma correcta, es por esta razón que es necesario realizar una evaluación periódica para establecer el método de tratamiento óptimo y eficaz para la remoción de los contaminantes. [13]

El derecho a tener agua no contaminada en las diferentes cuencas del país se menciona en el Título II, capítulo segundo de la sección segunda en su artículo número 14 de la constitución del Ecuador, en donde se menciona que la población tiene derecho a vivir en un ambiente sano y equilibrado ecológicamente, garantizando de esta forma la sostenibilidad y el buen vivir (SUMAK KAWSAY). [14]

Por este motivo el presente proyecto sirve para evaluar el correcto funcionamiento de la planta de tratamiento que recibe aguas residuales provenientes de la parroquia San Andrés perteneciente al cantón Píllaro de la Provincia de Tungurahua y a la vez concientizar a las personas que viven en dicho lugar que no causen efectos negativos y eviten el mal funcionamiento de la planta.

1.1.3 Fundamentación teórica

1.1.3.1 Aguas Residuales

Son un conjunto de operaciones unitarias sistemáticas a través de las cuales se busca reducir la mayor cantidad de contaminantes presentes en el agua. Los procesos mediante los cuales se logra reducir los contaminantes pueden ser: físicos, químicos o biológicos dependiendo del agua que va a ser tratada en la planta. El objetivo principal de las plantas de tratamiento de agua residual es obtener agua que cumpla con los estándares de calidad establecidos por la ley, además de evitar la contaminación de flora y fauna del lugar de descarga de la misma. [15]

1.1.3.2 Componentes de las Aguas Residuales

Las aguas residuales en general contienen el 1% de materia sólida en suspensión (SSS) y el 99% está conformada por agua, la materia sólida puede ser de tipo orgánico e inorgánico. El material sólido inorgánico este contenido en un 0.3% (conformado por los siguientes componentes: fosforo, nitrógeno, cloruro, sulfatos y ciertas sustancias tóxicas), en tanto, el material orgánico constituye un 0.7%. Los principales componentes son: desechos orgánicos, microorganismos patógenos, sustancias orgánicas, sustancias inorgánicas, sustancias radio activas, vegetales, calor y sedimentos. Además, las aguas residuales tienen una composición muy variable debido a los varios factores que lo afectan de cierta forma. Es muy importante hacer la cuantificación dichos componentes que permita establecer un sistema de tratamiento adecuado para garantizar la calidad del agua tratada que disminuirá el impacto ambiental y el riesgo para la salud en caso de ser reutilizada [16].

1.1.3.3 Tipos de Aguas Residuales

1.1.3.3.1 Agua residual doméstica o urbana

Es aquella agua residual proveniente de uso cotidiano del agua en las viviendas, edificios y lugares de trabajo, generalmente están conformadas por aguas negras y

aguas grises que son conducidas por un sistema de alcantarillado como se puede observar en la figura 1. Este tipo de agua residual viene cargado de contaminantes orgánicos y solidos sedimentables. [17]



Figura 1: Agua residual doméstica

Fuente: <https://www.hidrotec.com/blog/tipos-de-aguas-residuales/>

1.1.3.3.2 Agua residual Industrial

Son producto de los desechos de procesos industriales o manufactureros, su composición es variable y dependerá del tipo de industria. [18]



Figura 2: Agua residual industrial

Fuente: <https://www.iagua.es/blogs/licitacivil/tratamiento-aguas-residuales-industriales-mediante-evaporacion-al-vacio>

1.1.3.3.3 Agua residual de la agricultura y ganadería

Es aquella agua producto del uso en el riego de los campos agrícolas y ganaderos como se ve en la figura 3. Esta agua residual trae consigo muchos contaminantes químicos producto del uso de fertilizantes y abonos orgánicos que en muchos casos no es absorbido en su totalidad por el suelo. [17]



Figura 3: Agua residual agrícola y ganadera

Fuente: <https://flores.unu.edu/en/news/news/uso-seguro-de-aguas-residuales-en-la-agricultura-en-practica.html>

1.1.3.3.4 Agua residual derivada de la lluvia

Es aquella agua generada por el contacto y mezcla que tiene la lluvia con diferentes contaminantes que se encuentran en suspensión en el aire o en el suelo en donde cae. En muchas de las ocasiones esta agua residual es depositada en el alcantarillado urbano mezclándose con el agua residual doméstica en el zona urbana y depositada en ríos y acequias en la zona rural como se ve en la Figura 4. [17]



Figura 4: Agua residual de la lluvia

Fuente: <https://www.caracteristicass.de/lluvia-acida/>

El tratamiento para estos tipos de aguas residuales se lo hace con el fin de reducir la contaminación, evitar riegos para la salud y el medio ambiente así también como para reducir costes energéticos [18].

1.1.3.4 Tratamiento para aguas residuales

El agua residual según su procedencia debe tener cierto grado de tratamiento para lograr eliminar la mayor cantidad de contaminantes presentes en la misma y de este modo poder cumplir con los parámetros de descarga establecidos en la ley [32].

1.1.3.4.1 Pretratamiento

Es el proceso a través del cual se logra eliminar elementos que pueden causar algún tipo de problema en el proceso [12].

1.1.3.4.2 Tratamiento primario

Es el proceso a través del cual se logra eliminar una parte de los sólidos suspendidos y una porción de la materia orgánica que trae consigo el agua residual. [12]

1.1.3.4.3 Tratamiento secundario

Es el proceso a través del cual se logra eliminar los sólidos suspendidos y los compuestos biodegradables. Este proceso es de mucha importancia ya que se logra eliminar los nutrientes que pueden alterar los procesos de eutrofización aguas debajo de la descarga. [12]

1.1.3.4.4 Tratamiento avanzado

Es el proceso a través del cual se logra eliminar aquellos componentes que no fueron eliminados con el tratamiento secundario, es decir sirven para lograr eliminar los nutrientes, compuestos tóxicos y los excesos de materia orgánica. Por otro lado, este tratamiento avanzado es empleado cuando el agua de descarga necesita ser de alta calidad y esta a su vez pueda ser reutilizada. [12]

1.1.3.5 Características de las aguas Residuales

Las aguas residuales están conformadas por constituyentes físicos, químicos y biológicos, es de mucha importancia saber los contaminantes de cara al tratamiento de las aguas residuales y poder aplicar métodos de análisis. Hay que tener en cuenta que la contaminación que tiene el agua residual no va a ser la misma en la mayoría de los casos, sino que depende de la procedencia y las características como se puede observar en la Tabla 1 [19].

Tabla 1: Características físicas del agua residual y su procedencia.

CARACTERÍSTICAS		PROCEDENCIA
FÍSICAS	COLOR	Aguas residuales domésticas e industriales, degradación natural de materia orgánica.
	OLOR	Agua residual en descomposición, residuos industriales.
	SÓLIDOS	Agua de suministro, aguas residuales domésticas e industriales, erosión del suelo, infiltración y conexiones incontroladas.
	TEMPERATURA	Aguas residuales domésticas e industriales.

Fuente: METCALF & EDDY [19]

Tabla 2: Características químicas del agua residual y su procedencia.

CARACTERÍSTICAS		PROCEDENCIA
ORGÁNICOS	Carbohidratos	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
	Grasas animales	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
	Pesticidas	Residuos agrícolas.
	Fenoles	Vertidos industriales.
	Proteínas	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
	Contaminantes prioritarios	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
	Agentes tensoactivos	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
	Compuestos orgánicos	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.

QUÍMICAS	INORGÁNICOS	Otros	Degradación natural de materia orgánica.
		Alcalinidad	Aguas residuales domésticas, agua de suministro, infiltración de agua subterránea.
		Cloruros	Aguas residuales domésticas, agua de suministro, infiltración de agua subterránea.
		Metales pesados	Vertidos industriales.
		Nitrógeno	Residuos agrícolas y aguas residuales domésticas.
		Ph	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
		Fósforo	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales; aguas de escorrentía.
		Contaminantes prioritarios	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
		Azufre	Agua de suministro, aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
	GASES	Sulfuro de hidrógeno	Descomposición de residuos domésticos.
		Metano	Descomposición de residuos domésticos.
		Oxígeno	Agua de suministro, infiltración de agua superficial.

Fuente: METCALF & EDDY [19]

Tabla 3: Características biológicas del agua residual y su procedencia.

CARACTERÍSTICAS		PROCEDENCIA	
BIOLÓGICAS	ANIMALES	Cursos de agua y plantas de tratamiento.	
	PLANTAS	Cursos de agua y plantas de tratamiento.	
	PROTISTAS	Eubacterias	Aguas residuales domésticas, infiltración de agua superficial, plantas de tratamiento.
		Arqueobacterias	Aguas residuales domésticas, infiltración de agua superficial, plantas de tratamiento.
	VIRUS	Aguas residuales domésticas.	

Fuente: METCALF & EDDY [19]

1.1.3.5.1 Características físicas

Este tipo de características son consideradas las más importantes del agua residual ya que son el contenido total de sólidos, por ende, engloba las materias sedimentables, en suspensión, disuelta y la materia coloidal. Los sólidos totales pueden ser filtrables y no filtrables. [20]

1.1.3.5.2 Características químicas

Este tipo de características involucran tanto la materia orgánica, materia inorgánica así también como los gases que son producidos por dicha materia. Aproximadamente el 75% de los sólidos en suspensión y el 40% que corresponde a los sólidos filtrables de las aguas residuales son de naturaleza orgánica. Por otro lado, los constituyentes inorgánicos afectan de forma considerable a los usos de agua por lo que es de mucha importancia examinar la naturaleza de algunos de ellos como son el nitrógeno y fósforo. [20]

1.1.3.5.3 Características biológicas

En cuanto a las características biológicas se analizan los principales grupos de microorganismos, organismos patógenos y bacterias presentes en las aguas residuales que de cierta forma trabajan en la descomposición y estabilización de la materia orgánica [20].

1.1.3.6 PTAR (Planta de Tratamiento de Aguas Residuales)

Las plantas de tratamiento de aguas residuales constituyen un conjunto de actividades cuyo fin es minimizar o eliminar de manera permanente el grado de contaminación de las aguas provenientes del sistema de alcantarillado. Además, es una instalación que de cierta forma cumple el objetivo de reducir los contaminantes y se vuelva apta para verterla al cauce de los ríos. En el caso de ser aguas urbanas por lo general existe un pre-tratamiento, tratamiento primario, tratamiento secundario y tratamiento terciario [21].

1.1.3.7 Agua residual tratada

El agua residual tratada después de pasar por los diferentes procesos de tratamiento es descargada en nuevos o similares efluentes de dónde provenía inicialmente dicha agua y esta a su vez debe cumplir los parámetros establecidos por la ley. En el Ecuador existe una normativa establecida en el Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA) del año 2015 en donde se encuentran varios parámetros que deben cumplir previo a la descarga en estos efluentes. Entre los efluentes que citan se encuentran: sistema de alcantarillado, cuerpos de agua dulce y marina. [22]

Tabla 4: Límites de descarga al sistema de alcantarillado público

PARÁMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	LÍMITE MÁX. PERMISIBLE
Aceites y grasas	Sust. solubles en hexano	mg/l	70
Explosivos o inflamables	Sustancias	mg/l	cero
Alkil mercurio		mg/l	no detectable
Aluminio	Al	mg/l	5
Arsénico total	As	mg/l	0.1
Cadmio	Cd	mg/l	0.02
Cianuro total	CN ⁻	mg/l	1
Cinc	Zn	mg/l	10
Cloro Activo	Cl	mg/l	0.5
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo	mg/l	0.1
Cobalto total	Co	mg/l	0.5
Cobre	Cu	mg/l	1
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0.2
Compuestos organoclorados	Organoclorados totales	mg/l	0.05
Cromo Hexavalente	Cr+6	mg/l	0.5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO5	mg/l	250
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	50
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1

Fuente: TULSMA 2015 [22]

Tabla 5: Límites de descarga al sistema de alcantarillado público (continuación).

PARÁMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	LÍMITE MÁX. PERMISIBLE
Fósforo Total	P	mg/l	15
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20
Hierro total	Fe	mg/l	25
Manganeso total	Mn	mg/l	10
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0.01
Níquel	Ni	mg/l	2
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	60
Organofosforados	Especies Totales	mg/l	0. 1
Plata	Ag	mg/l	0. 5
Plomo	Pb	mg/l	0. 5
Potencial de hidrógeno	pH	mg/l	6 - 9
Selenio	Se	mg/l	0. 5
Sólidos Sedimentables	SD	mg/l	20
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	220
Sólidos totales	ST	mg/l	1600
Sulfatos	SO ₄ -2	mg/l	400
Sulfuros	s	mg/l	1
Temperatura	°C	mg/l	< 40
Tensoactivos	Sustancias Activas al azul de metileno	mg/l	2
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/l	1

Fuente: TULSMA 2015 [22]

Tabla 6: Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

PARÁMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	LÍMITE MÁX. PERMISIBLE
Aceites y grasas	Sust. solubles en hexano	mg/l	30
Alkil mercurio		mg/l	no detectable

Aluminio	Al	mg/l	5
Arsénico total	As	mg/l	0.1
Bario	Ba	mg/l	2
Boro Total	B	mg/l	2
Cadmio	Cd	mg/l	0.02
Cianuro total	CN ⁻	mg/l	0.1
Cinc	Zn	mg/l	5
Cloro Activo	Cl	mg/l	0.5
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo	mg/l	0.1
Cloruros	Cl ⁻	mg/l	1000
Cobre	Cu	mg/l	1
Cobalto	Co	mg/l	0.5
Coliformes fecales	NMP	NMP/100 ml	2000
Color real	Color real	unidades de color	inapreciable en dilucion: 1/20
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0.2
Cromo Hexavalente	Cr+6	mg/l	0.5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO5	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	200
Estaño	Sn	mg/l	5
Fluoruros	F	mg/l	5
Fósforo Total	P	mg/l	10
Hierro total	Fe	mg/l	10
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20
Manganeso total	Mn	mg/l	2
Materia flotante	Visibles	mg/l	Ausencia

Fuente: TULSMA 2015 [22]

Tabla 7: Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce (continuación).

PARÁMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	LÍMITE MÁX. PERMISIBLE
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0.005
Níquel	Ni	mg/l	2
Nitrógeno amoniacal	N	mg/l	30

Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	50
Compuestos Organoclorados	Organoclorados totales	mg/l	0.05
Compuestos Organofosforados	Organofosforados totales	µg/l	0.1
Plata	Ag	mg/l	0.1
Plomo	Pb	mg/l	0.2
Potencial de hidrógeno	pH		6 - 9
Selenio	Se	mg/l	0.1
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	130
Sólidos totales	ST	mg/l	1600
Sulfatos	SO ₄ -2	mg/l	1000
Sulfuros	S	mg/l	0.5
Temperatura	°C		condicion neutral ± 3
Tensoactivos	Sustancias Activas al azul de metileno	mg/l	0.5
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1

Fuente: TULSMA 2015 [22]

Tabla 8: Límites de descarga a un cuerpo de agua marina

PARÁMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	LÍMITE MÁX. PERMISIBLE	
			zona de rompientes	mediante emisarios submarinos
Aceites y grasas	Sust. solubles en hexano	mg/l	30	30
Arsénico total	As	mg/l	0.5	0.5
Aluminio	Al	mg/l	5	5
Cianuro total	CN-	mg/l	0.2	0.2
Cínc	ZN	mg/l	10	10
Cobre	Cu	mg/l	1	1
Cobalto	Co	mg/l	0.5	0.5
Coliformes fecales	NMP	NMP/100 ml	2000	2000
Color	Color verdadero	unidades de color	inapreciable en dilucion: 1/20	inapreciable en dilucion: 1/20

Cromo Hexavalente	Cr+6	mg/l	0.5	0.5
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0.2	0.2
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO5	mg/l	200	400
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	400	600
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20	20
Materia flotante	Visibles	mg/l	Ausencia	Ausencia
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0.01	0.01
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	40	40
Potencial de hidrógeno	pH		6 - 9	6 - 9
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	250	250

Fuente: TULSMA 2015 [22]

Tabla 9: (continuación) Límites de descarga a un cuerpo de agua marina

Parámetros	Simbología	Unidad	Límite máximo permisible	
			Descargas en zona de rompientes	Descarga en emisarios submarinos
Materia flotante	Visibles	mg/l	Ausencia	Ausencia
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0.01	0.01
Nitrógeno total Kjeldahl	N	mg/l	40	40
Potencial de hidrógeno	hH		6 a 9	6 a 9
Sólidos suspendidos totales	SST	mg/l	250	250
Sulfuros	S	mg/l	0.5	0.5

Compuestos organoclorados	Organoclorados totales	mg/l	50	50
Compuestos organofosforados	Organofosforados totales	ug/l	100	100
Carbonatos	Especies totales	mg/l	0.25	0.25
Temperatura	°C		<35	<35
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0.5	0.5

Fuente: TULSMA 2015 [22]

1.1.3.8 Agua residual tratada

Las aguas residuales que son recogidas a través del sistema de alcantarillado deben ser conducidas a cuerpos de agua receptores para que tenga un cierto grado de tratamiento de los contaminantes contenidos en dichas aguas para ser vertido, respetando la legislación, parámetros y normas reguladoras de la calidad del agua existentes sin causar impactos en el ecosistema o pueda ser reutilizado en diferentes actividades [19].

1.1.3.8.1 Pre-tratamiento

En esta fase del tratamiento, el objetivo primordial es eliminar los sólidos gruesos, finos, aceite y grasas con el fin de proteger a las estructuras o minimizar las condiciones indeseables de la apariencia estética de las PTAR. [19]

Tabla 10: Objetivo de los procesos de pre-tratamiento.

PROCESO	OBJETIVO
Rejas o tamices	Eliminación de sólidos gruesos
Trituradores	Desmenuzamiento de sólidos
Desarenadores	Eliminación de arenas y gravilla
Desengrasadores	Eliminación de aceites y grasas
Preaeración	Control de olor y mejoramiento del comportamiento hidráulico

Fuente: Sistema de tratamiento de Aguas Residuales [23]

1.1.3.8.2 Tratamiento primario

El tratamiento primario básicamente contempla el uso de varias operaciones físicas como la sedimentación, desbaste y la eliminación parcial de los sólidos que se encuentran en suspensión o sedimentables, de este modo se reduce la contaminación biodegradable presentes en el agua residual. Es decir, en dicho tratamiento no solamente remueve la materia que incomoda, sino que también elimina una pequeña carga orgánica que en términos estadísticos está entre el 25% y el 40% de la DBO y entre el 50% y 65% de sólidos suspendidos [16].

1.1.3.8.3 Tratamiento secundario

El fin de esta fase del tratamiento es eliminar la mayor parte partículas coloidales (materia orgánica) del agua residual, mediante procesos biológicos y químicos. Cuando el agua residual ingresa al filtro biológico donde están los lodos activados de carga microbiana, estos se degradan y se transforman en materia orgánica de forma aeróbica y anaeróbica. En los tratamientos biológicos en este tratamiento tienen una remoción de la DBO que va del 85% hasta el 95%, están conformados por:

- Filtración biológica.
- Lodos activados.
- Lagunas: estabilización, aereada.
- Otros: anaeróbicos, oxígeno puro y discos rotatorios [16].

1.1.3.8.4 Tratamiento terciario

Este proceso tiene como objetivo complementar los procesos indicados anteriormente mediante el cual se logra eliminar aquellos componentes que no fueron eliminados con el tratamiento secundario, es decir, sirven para lograr efluentes más puros eliminando los nutrientes, excesos de materia orgánica y compuestos tóxicos. Los compuestos generalmente removidos son:

- Bacterias y virus.
- Sólidos totales y disueltos.

- Fosfatos y nitratos.
- Huevos y quistes de parásitos.
- Algas.
- Sustancias tenso activas.
- Radionúclidos [16].

1.1.3.9 Componentes para el tratamiento de agua residual

La selección adecuada de procesos y operaciones unitarias para tratar el agua residual es de suma importancia para lograr la mayor remoción posible de contaminantes en el menor número de procesos, de esta manera se está obteniendo un funcionamiento eficaz para la PTAR. [12]

1.1.3.9.1 Cribado

Es un proceso unitario en el cual se logra eliminar los contaminantes voluminosos o residuos de basura visibles en el agua residual. Existen diferentes tamaños de cribado y estos van de acuerdo al tamaño de la partícula que se desee remover, además sirve como instrumento de protección para evitar daños en los demás procesos de la PTAR. [24]

1.1.3.9.2 Desarenador

Es un proceso unitario a través del cual se logra reducir la velocidad del agua que ingresa a la PTAR, permitiendo de esta manera la separación y asentamiento de los sólidos, en este caso la arena que esta mezclada en el agua residual. [25]

1.1.3.9.3 Tanque Séptico

Es un proceso unitario a través del cual se logra degradar a materia orgánica a formas mucho más simples de cómo llegaron. En este proceso se encuentra combinado la sedimentación y digestión de los sólidos presentes en el agua residual. [24] [25]

1.1.3.9.4 Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA)

Es un proceso unitario que se usa para la remoción de la materia orgánica de forma anaerobia, este filtro cuenta con un medio filtrante de piedra y este ayuda a que los sólidos que quedaron presentes en el agua residual sean retenidos en este medio filtrante. [26]

1.1.3.9.5 Lecho de secado de Lodos

Son tanques en los cuales se deposita los lodos digeridos en procesos de la PTAR, ya sean estos en tanques sépticos, sedimentadores o en los reactores anaerobios. Por otro lado, el lecho de secado de lodos es usado para deshidratar los lodos a través de su evaporación o de un medio filtrante. [27]

1.1.3.9.6 Desinfección

En un proceso unitario a través del cual se logra la destrucción de las bacterias y virus que provienen de los residuos fecales presentes en el agua residual a través de un agente de desinfección. De los desinfectantes más corrientes por lo general el cloro es el más utilizado además del bromo y el yodo. Este proceso es de mucha importancia ya que en muchas ocasiones este tipo de contaminantes no son removidos con facilidad en los procesos previos de la PTAR [24].

1.1.3.9.7 Porcentajes de remoción teórica por procesos

El rendimiento de una planta de tratamiento se mide en base a los parámetros del agua residual que ingresa y el porcentaje de remoción que tiene la misma a través de los diferentes procesos unitarios que tenga la PTAR [32].

Tabla 11: Remoción de contaminantes del agua residual tratada por procesos unitarios

Unidades de tratamiento	RENDIMIENTO DE ELIMINACIÓN DEL CONSTITUYENTE, PORCENTAJE					
	BDO	DQO	SS	Pb	N- Org c	NH3 -N
Rejas de barras	nulo	nulo	nulo	nulo	nulo	nulo
Desarenadores	0 - 5 d	0 - 5 d	0 - 10 d	nulo	nulo	nulo
Sedimentación primaria	30-40	30-40	50-65	10-20	10-20	0
Fangos activados						
(Proceso convencional)	80-95	80-85	80-90	10-25	15-50	8-15
Filtros precoladores						
Alta carga, medio pétreo	65-80	60-80	60-85	8-12	15-50	8-15
Carga muy alta, medio sintético	65-85	65-85	65-85	8-12	15-50	8-15
Biodiscos (rbcs)	80-85	80-85	80-85	10-25	15-50	8-15
Cloración	nulo	nulo	nulo	nulo	nulo	nulo

Fuente: METCALF y EDDY [12]

1.1.3.10 Parámetros de las aguas residuales

Es un parámetro del agua residual que mide la cantidad oxígeno disuelto que consumen los microorganismos a través de procesos de oxidación bioquímica, y de esta manera poner determinar el nivel de contaminación que tiene el agua. A los 5 días de haber realizado el ensayo se obtiene una oxidación del agua de entre 60 y 70 por ciento [12].

1.1.3.10.1 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)

La Demanda bioquímica de Oxígeno es uno de los parámetros orgánicos más ampliamente empleados. La determinación de dicho parámetro está relacionada directamente con la medición de oxígeno disuelto que consumen los microorganismos presentes en el agua residual en el proceso de oxidación de la materia orgánica,

necesariamente va a necesitar de una cierta cantidad de oxígeno y de esta manera poder determinar el nivel de contaminación que tiene el agua residual. El tiempo que necesita para la oxidación bioquímica es de más de 20 días con una oxidación del 95% al 99%, por otro lado, a los cinco días de haber realizado los ensayos respectivos se puede obtener una oxidación que va del 60% al 70%. Todo lo dicho anteriormente se lo puede lograr por la acción bioquímica anaerobia [19].

1.1.3.10.2 Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Es un parámetro del agua residual que mide la cantidad de materia orgánica que se encuentra presente en el agua a través de ensayos que se los realiza por medio de la reacción de un agente químico a elevadas temperaturas y de esta forma poder determinar el equivalente de oxígeno que tiene la materia orgánica para oxidarse. [12]

1.1.3.10.3 Potencial Hidrógeno – Parámetro Químico (pH)

La concentración de ion hidrógeno es un parámetro que es de mucha importancia para aguas residuales debido a que es una medida del grado de alcalinidad o acidez de una muestra de agua, la importancia de este parámetro radica en la determinación de la acidez que por lo general tiende a ser muy corrosiva la cual puede atacar químicamente a los sistemas de distribución de las PTAR provocando incrustaciones apreciables [19].

1.1.3.10.4 Nitrógeno total – Gas (N)

El nitrógeno total es la suma de distintos tipos de nitrógenos, sin embargo, es un elemento de suma importancia para el crecimiento de microorganismos y plantas puesto que para que sea necesario el control del crecimiento de las algas en las aguas residuales receptoras es vital la presencia o eliminación del nitrógeno antes del vertido. Para que el ciclo en la planta de tratamiento sea óptimo es vital conocer las cantidades de nitrógeno en cada fase del ciclo de las PTAR [21].

1.1.3.10.5 Fósforo (P)

Es un elemento que al igual que el Nitrógeno ayuda al crecimiento y proliferación de plantas y otros organismos biológicos. Al ser un nutriente importante es necesario tener un control para evitar el crecimiento desmesurado de algas en los efluentes del agua residual. [12]

1.1.3.10.6 Sólidos Suspendidos (SS)

Los sólidos en suspensión pueden llegar a dar lugar al desarrollo de los denominados depósitos de fangos, constituyen los residuos que no son filtrables, su naturaleza generalmente es orgánica y no es capaz de filtrarse o que se precipiten por gravedad. Los sólidos suspendidos presentes en el agua residual tienen la posibilidad de obstaculizar las superficies de infiltración del sistema, por lo que es vital su remoción [19].

1.1.4 Hipótesis

Hipótesis de trabajo

La planta de tratamiento de aguas residuales perteneciente a la parroquia San Andrés, cantón Píllaro, provincia de Tungurahua no se encuentra funcionando de forma correcta en sus condiciones actuales.

Hipótesis nula

La planta de tratamiento de aguas residuales perteneciente a la parroquia San Andrés, cantón Píllaro, provincia de Tungurahua se encuentra funcionando de forma correcta en sus condiciones actuales.

1.2 Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Evaluar la planta de tratamiento de aguas residuales de la Parroquia San Andrés, Cantón Píllaro, Provincia de Tungurahua.

1.2.2. Objetivos específicos

- Realizar el levantamiento de información de la planta de tratamiento de aguas residuales.
- Evaluar el proceso de tratamiento y equiparlo con el cumplimiento de la normativa ambiental.
- Elaborar un plan de operación y mantenimiento de la planta de tratamiento evaluada en caso de ser necesario.
- Realizar las respectivas recomendaciones sobre el diseño, operación y mantenimiento de la planta de tratamiento.
- Analizar el caudal de agua que ingresa a la PTAR a través del método volumétrico

CAPÍTULO II METODOLOGÍA.

2.1 Materiales y Equipos

Los materiales que se utilizaron fueron muy importantes para la realización de la presente investigación para cada una de las actividades que se desarrolló siendo así muy imprescindible cada uno de ellos para la obtención de resultados coherentes y precisos.

Tabla 12: Materiales utilizados en la investigación.

MATERIAL	CANTIDA	UNIDAD
Cámara	1	u
Cuaderno	1	u
Botella plástica	4	u
Flexómetro	1	u
Calculadora	1	u
Balde 5 lt	1	u
Impresora	1	u
Computadora	1	u
Cronómetro	1	u

Fuente: El autor

Los equipos que se utilizaron para protección personal jugaron un papel de vital importancia para la toma de muestras ya que mediante estos equipos evitamos cualquier contagio que se pueda dar por las aguas contaminadas de la planta de tratamiento.

Tabla 13: Equipos de seguridad utilizados en la investigación.

EQUIPO	CANTIDAD	UNIDAD
Gafas protectoras	1	u
Mascarillas	8	u
Mandil	1	Par
Guantes	1	u
Alcohol	1	Par
Botas de seguridad	1	It

Fuente: El autor

2.2 Métodos

El presente proyecto tiene como finalidad analizar y evaluar si la planta de tratamiento del sector la Victoria ubicada en la parroquia San Andrés del cantón Píllaro provincia de Tungurahua donde se lo puede realizar por medio de los siguientes pasos:

2.2.1 FASE 1: Información del sector

En este punto se realiza una evaluación visual de campo la ubicación, los componentes y características propias de la planta de tratamiento, así como sus dimensiones año de construcción y actividades del sector.

2.2.2 FASE 2: Recolección de datos de caudales de Afluentes y Efluentes.

Medición de los caudales de entrada y salida para realizar un muestreo de agua residual en los horarios de máxima demanda, así también para determinar las horas pico de los días en los que hay un mayor caudal [31].

2.2.3 FASE 3: Análisis de laboratorio de las características físico-químicas del agua.

Se manda analizar la calidad de agua de las muestras tomadas de las aguas residuales al ingreso y salida de la PTAR de la parroquia San Andrés en un laboratorio especializado llamado laboratorio e ingeniería sociedad por acción simplificada de la ciudad de Riobamba. Se realiza los análisis de las características que tiene el agua residual como: pH, DQO, DQO5, Aceites y grasas, Nitrógeno total, Fosforo total, Solidos suspendidos, Coliformes fecales.

2.2.4 FASE 4: Análisis general del funcionamiento de la PTAR

En este punto se realiza la comparación del funcionamiento de la planta de tratamiento con los análisis de laboratorio con la norma Tulsma para poder descargar un cuerpo de agua dulce (ríos).

2.2.5 FASE 5: Diagnóstico General de la PTAR

Se realiza un diagnóstico de la construcción de la planta de tratamiento donde hay que identificar que parte función y cual no para así plantear un modelo de solución donde nos permita mejorar los parámetros ambientales y los caudales de descargar que van directo al cuerpo dulce.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis y discusión de los resultados

3.1.1 FASE 1: Información del sector

El área de estudio para la investigación es la planta de tratamiento de aguas residuales de la parroquia San Andrés, ubicada en el cantón Píllaro provincia de Tungurahua. Tiene una extensión de 472 km² y cuenta con una población de 38357 habitantes aproximadamente. Píllaro está ubicado Norte: por el cantón Salcedo de la Provincia de Cotopaxi y la provincia del Napo. Este: con la Provincia de Napo. Sur: con los cantones Patate y Pelileo. Oeste: con el cantón Ambato es una región de clima Ecuatorial mesotérmico, la media anual es de 13° C a 14°C.

San Andrés es una de las parroquias rurales más antigua del cantón Píllaro, se caracteriza por el máximo cultivo de papas, maíz y pastizales, su clima varía entre los 8° y 13° C promedio. Anteriormente se conocía como Yatchil, actualmente una de sus comunas lleva este nombre, su fiesta de Corpus Cristi una fiesta religiosa, cultural y de tradición que se celebra en honor al cuerpo de Cristo. Norte: San Miguel de Salcedo separado por el río Huapante o Yanayacu. Este: San José de Poaló. Sur: Píllaro y presidente Urbina. Oeste: Panzaleo separado por el río Culapachán. Extensión: 53,235 Km² o 5323.60 has. Parroquialización: La parroquia fue fundada el 3 de agosto de 1869. [28]



Figura 5: Parroquia San Andrés

Fuente: Google maps

La fuente principal del agua de riego proviene de las Aguas turbinadas de Pisayambo para los canales: canal de Riego Píllaro, Canal de Riego Chagrasacha, Canal de Riego Cruzacha para las partes altas del Canal riego Píllaro.

La parroquia de San Andrés en el sector urbano cuenta con agua para alrededor de 27854 habitantes que, según estadísticas municipales, el 45% de la parroquia dispone de servicios de alcantarillado que son conducidas hacia las plantas de tratamiento de aguas residuales para descargas de agua residual domésticas y el 55% utiliza letrinas o cualquier otro tipo de disposición. La planta de tratamiento de aguas residuales se encuentra ubicadas exactamente aguas arriba de la parroquia San Andrés, actualmente dicha planta se encuentra en funcionamiento y fue puesta en operación en el año 2001 por el GAD Municipal de Píllaro y no se encuentra cumpliendo la función total para la que fue diseñada y construida que es la desinfección de las aguas residuales.

La PTAR mencionada cuenta con diversos procesos unitarios para el tratamiento de las aguas residuales en lo que consta: Rejilla de entrada, tanque séptico, desarenador, dichos componentes de la planta de tratamiento se encuentran en un predio con un área aproximada de 577.36 metros cuadrados [28].

3.1.2 FASE 2: Recolección de datos

3.1.2.1 Medición de las propiedades geométricas de la PTAR

3.1.2.2 Medición de caudales método volumétrico.

Para realizar la medición de caudales en la PTAR de la parroquia San Andrés se puso en práctica el método de la medición volumétrica a través de un balde con medida y un cronómetro. La medición de los caudales se lo realizó durante 7 días seguidos del 13 de noviembre de 2021 al 19 de noviembre del 2021. La medición se realizaba a cada hora y se tomaba un caudal de ingreso a la entrada de la planta y un caudal de salida al final de la planta por un tiempo de 8 horas [32].

Tabla 14: Resumen de la toma de caudales de Ingreso de la PTAR (lt/s).

Hora	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Vierne	Promedi
7:00 a 8:00	2,3	2,45	2,43	2,67	2,65	2,87	2,35	2,53
8:00 a 9:00	2,3	2,52	2,58	2,45	2,2	2,65	2,9	2,51
9:00 a 10:00	1,9	1,78	2,15	2,08	2,67	2,98	2,75	2,33
10:00 a 11:00	1,98	2,18	2,29	2,69	1,95	1,87	2,06	2,15
11:00 a 12:00	1,78	2,08	2,78	2,84	1,98	1,78	2,1	2,19
12:00 a 13:00	2,56	2,67	2,06	1,98	2,19	2,55	2,67	2,38
13:00 a 14:00	2,98	2,5	1,9	2,45	1,94	2,1	2,53	2,34
14:00 a 15:00	1,9	2,87	2,67	2,27	2,58	1,92	2,75	2,42

Fuente: El autor

A través de los resultados obtenidos para los caudales de ingreso, se puede apreciar que la hora con mayor caudal durante la semana en el lapso de 7 días fue en el horario de 7:00 a 8:00 ya que los moradores del sector en esa hora se preparan para salir a sus trabajos para su pronto retorno. Por otro lado, la hora con menor caudal durante la semana en el lapso de los mismos 7 días fue en el horario de 10:00 a 11:00 ya que los

moradores del sector se encuentran en sus trabajos o en sus actividades agrícolas y es por esa razón que hay menor ingreso de caudal [31].

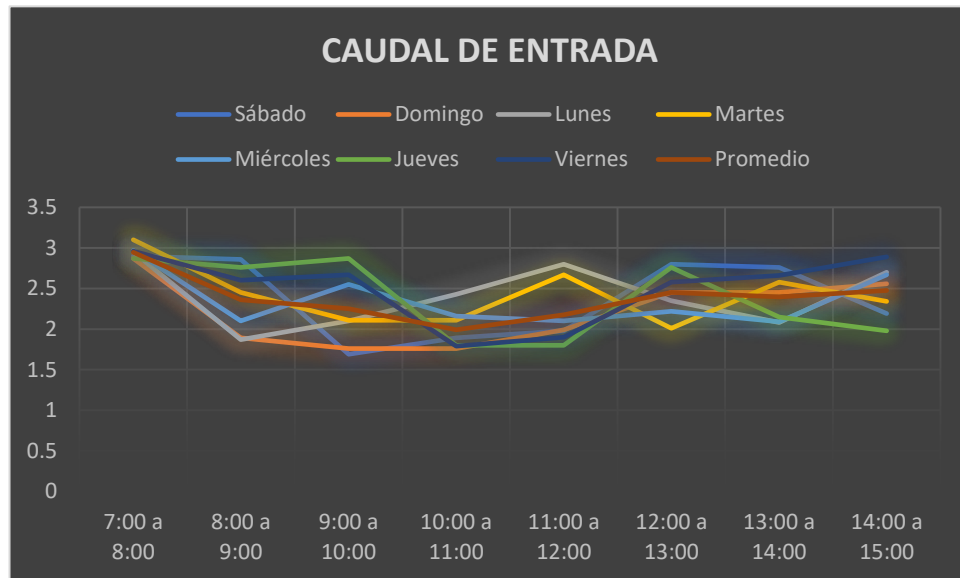


Figura 6: Comportamiento de los caudales de salida

Fuente: El autor

Tabla 15: Resumen de la toma de caudales de Salida de la PTAR (lt/s).

Hora	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Promedio
7:00 a 8:00	2,9	2,87	2,95	3,1	2,97	2,87	2,96	2,95
8:00 a 9:00	2,86	1,89	1,87	2,45	2,1	2,76	2,6	2,36
9:00 a 10:00	1,69	1,76	2,1	2,11	2,55	2,87	2,67	2,25
10:00 a 11:00	1,89	1,76	2,43	2,11	2,16	1,8	1,79	1,99
11:00 a 12:00	1,98	1,99	2,8	2,67	2,1	1,8	1,9	2,18
12:00 a 13:00	2,8	2,45	2,35	2,01	2,22	2,76	2,58	2,45
13:00 a 14:00	2,76	2,45	2,08	2,58	2,09	2,15	2,66	2,40
14:00 a 15:00	2,19	2,56	2,7	2,34	2,67	1,98	2,89	2,48

Fuente: El autor

A través de los resultados obtenidos para los caudales de salida, se puede apreciar que la hora con mayor caudal durante el día en el lapso de 7 días fue en el horario de 7:00 a 8:00 ya que los moradores del sector en esa hora se preparan para salir a sus trabajos para su pronto retorno. Por otro lado, la hora con menor caudal durante el día en el lapso de los mismos 7 días fue en el horario de 10:00 a 11:00 ya que los moradores retornaban de sus trabajos y actividades de agricultura.

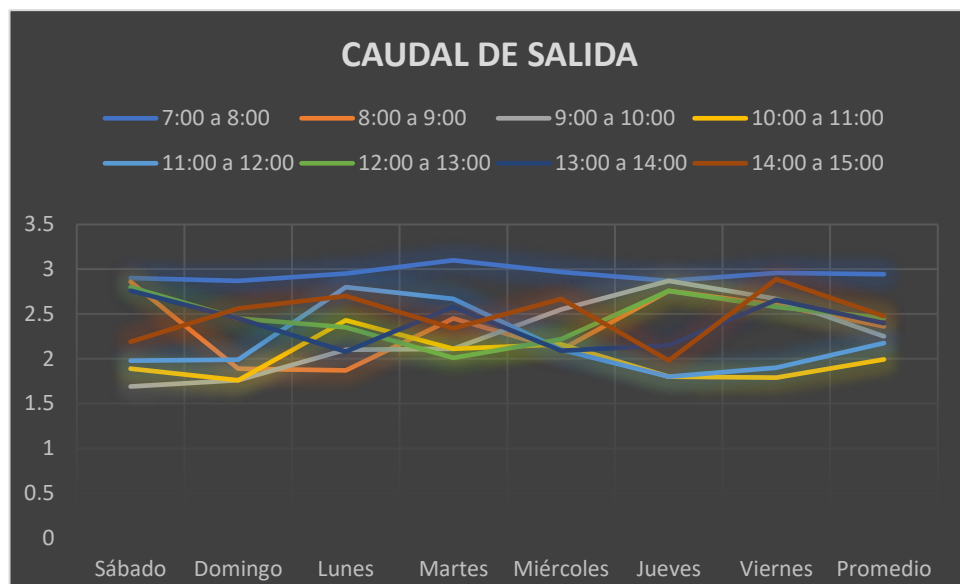


Figura 7: Comportamiento de Caudales de Salida de la PTAR

Fuente: El autor



Figura 8: Medición de caudales de ingreso a la PTAR

Fuente: El autor



Figura 9: Medición de caudales de salida a la PTAR

Fuente: El autor

3.1.3 FASE 3: Análisis de laboratorio

Se realizaron análisis en dos puntos, a la entrada y a la salida de la planta de tratamiento el 27 de noviembre del 2020 según las indicaciones establecidas por la norma NTE INEN 2 176:1998 y NTE INEN 2 169:1998. Los análisis se lo realizaron manualmente a la entrada de la PTAR (afluente) y en la salida de la planta (efluente), en total fueron 6 muestras de agua residual (tres en cada punto).



Figura 10: Obtención de muestra a la entrada de la PTAR.

Fuente: El autor



Figura 11: Obtención de muestra a la salida de la PTAR.

Fuente: El autor



Figura 12: Muestras obtenidas para los análisis de laboratorio.

Fuente: El autor

Tabla 16: Resultados de los análisis de agua a la entrada de la PTAR.

(Muestra1)

PARAMETROS ANALIZADOS	METODOLOGIA DE REFERENCIA	UNIDAD	RESULTADOS	INCERTIDUMBRE (K=2)	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE	CRITERIO DE RESULTADOS
ACEITES Y GRASAS GRAVIMETRICO	Standard Methods Ed.23, 2017.5520 B	mg/l	<20.0	±4,4 mg/l	30	CUMPLE
COLIFORMES FECALES	Standard Methods Ed.23, 2017.9221 B, E Y F	NMP/100ml	9100	±2,1 NMP/100ml	2000	NO CUMPLE
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	Standard Methods Ed.23, 2017. 5210 B	mg/l	230	±30,77 mg/l	198	NO CUMPLE
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	Standard Methods Ed.23, 2017. 5220 A y 5220 D	mg/l	525	±74,6 mg/l	280	NO CUMPLE
FOSFORO	Standard Methods Ed.23, 4500-P B y 4500-P C	mg/l	3.9	±0,15 mg/l	10	CUMPLE
NITROGENO AMONiacAL	Standard Methods Ed.23,2017, 4500-NHgF	mg/l	48.99	±0,82 mg/l	30	NO CUMPLE
NITROGENO TOTAL KJELDAHL	Standard Methods Ed.23, 2017.4500-N ag C	mg/l	69.14	±0,45 mg/l	50	NO CUMPLE
POTENCIAL HIDROGENO	Standard Methods Ed.23, 2017.4500-H+A y 4500-H+B	U p/H	6.85	±0,08 U Ph	6 - 9	CUMPLE
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	Standard Methods Ed.23, 2017.2540 A y 2540 D	mg/l	147	±3,9 mg/l	130	NO CUMPLE
SOLIDOS TOTALES	Standard Methods Ed.23, 2017.2540 A y 2540 D	mg/l	567	±4,1 mg/l	1600	CUMPLE
TEMPERATURA	Standard Methods Ed.23, 2017. 2550 B	°C	25	±1,0 °C	Condicion natural	CUMPLE

Fuente: Laboratorio de tecnología al servicio de la construcción ingeniería Civil

LDMS

Tabla 17: Resultados de los análisis de agua a la salida de la PTAR.
(Muestra 2)

PARAMETROS ANALIZADOS	METODOLOGIA DE REFERENCIA	UNIDAD	RESULTADOS	INCERTIDUMBRE (K=2)	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE	CRITERIO DE RESULTADOS
ACEITES Y GRASAS GRAVIMETRICO	Standard Methods Ed.23, 2017.5520 B	mg/l	<20.0	±4,4 mg/l	30	CUMPLE
COLIFORMES FECALES	Standard Methods Ed.23, 2017.9221 B, E Y F	NMP/100ml	9100	±2,1 NMP/100ml	2000	NO CUMPLE
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	Standard Methods Ed.23, 2017. 5210 B	mg/l	132.98	±30,77 mg/l	110	NO CUMPLE
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	Standard Methods Ed.23, 2017. 5220 A y 5220 D	mg/l	322.54	±74,6 mg/l	205	NO CUMPLE
FOSFORO	Standard Methods Ed.23, 4500-P B y 4500-P C	mg/l	2.58	±0,15 mg/l	10	CUMPLE
NITROGENO AMONIACAL	Standard Methods Ed.23,2017, 4500-NHgF	mg/l	22.7	±0,82 mg/l	30	CUMPLE
NITROGENO TOTAL KJELDAHL	Standard Methods Ed.23, 2017.4500-N ag C	mg/l	41.58	±0,45 mg/l	50	CUMPLE
POTENCIAL HIDROGENO	Standard Methods Ed.23, 2017.4500-H+A y 4500-H+B	U p/H	7.58	±0,08 U Ph	6 - 9	CUMPLE
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	Standard Methods Ed.23, 2017.2540 A y 2540 D	mg/l	80	±3,9 mg/l	130	CUMPLE
SOLIDOS TOTALES	Standard Methods Ed.23, 2017.2540 A y 2540 D	mg/l	328	±4,1 mg/l	1600	CUMPLE
TEMPERATURA	Standard Methods Ed.23, 2017. 2550 B	°C	25	±1,0 °C	Condicion natural	CUMPLE

Fuente: Laboratorio de tecnología al servicio de la construcción ingeniería Civil
LDMS

3.1.4 FASE 4: Análisis y verificación de funcionamiento PTAR

La planta de tratamiento se encuentra totalmente descuidada, ya que existe mucha vegetación que casi tapa toda la planta de tratamiento, por otro lado, el mal olor que afecta a toda la comunidad provocando no solo un malestar estructural sino también social.



Figura 13: Estado actual de la planta de tratamiento de la parroquia San Andrés (PTAR).

Fuente: El autor

La planta de tratamiento cuenta con tres procedimientos los cuales son la rejilla de entrada, el desarenador y el tanque séptico.



Figura 14: Proceso de tratamiento actual de la PTAR de la parroquia San Andrés.

Fuente: El autor

3.1.4.1 Reja de entrada (limpieza manual)

La rejilla se encarga de eliminar los desechos de gran espesor que pasa por la entrada para así eliminar los residuos de gran magnitud, en la actualidad se encuentra en condiciones favorables para la planta de tratamiento ya que se le da un tratamiento cada 10 días para así sacar los desechos de gran magnitud.



Figura 15: Reja de entrada (PTAR).

Fuente: El autor

3.1.4.2 Desarenador

En la actualidad el desarenador no está funcionando correctamente ya que al a ver mucho descuido por parte de las autoridades no hace un correcto mantenimiento y eso provoca que no funcione correctamente la planta de tratamiento y genere malestar a los pobladores.



Figura 16: Desarenador (PTAR).

Fuente: El autor

3.1.4.3 Tanque séptico.

Los tanques sépticos cuentan con dos compartimientos, los tanques son estructuras hidráulicas por el cual se distribuye de una forma eficiente el agua residual. Este tratamiento se encarga de detener todo el residuo para así desfogar el agua con menor cantidad de desechos. En la actualidad los pozos sépticos están en mal estado ya que estructuralmente tienen fisuras y eso causa malestar estructural y social ya que generan malos olores.



Figura 17: Tanque séptico (PTAR).

Fuente: El autor

3.1.5 FASE 5: Diagnóstico General de la PTAR

En base al a análisis profundo que se le ha realizado a la PTAR nos emos dado cuenta que hay unas fallas estructurales las cuales no dejan que funcione en su totalidad a la planta de tratamiento es por ello que se ha hecho un diagnostico más profundo y técnico de la funcionalidad de dicha planta de tratamiento.

3.1.5.1 Análisis de muestras de agua residual

El agua residual que llega a la planta de tratamiento de aguas residuales de la parroquia San Andrés proviene del uso doméstico, agrícola y ganadero. Se realizaron muestreos en dos puntos, a la entrada y a la salida de la PTAR de la siguiente forma [31]:

- Muestra 1.- Se tomó de una muestra puntual a la entrada de la planta de tratamiento en el horario donde existe un ingreso elevado de agua residual, dicha muestra se la hizo a las 7:00 am del día domingo 19 de noviembre del 2021.
- Muestra 2.- Se tomó una muestra puntual de agua residual al ingreso de la planta de tratamiento a las 8:20 am del día domingo 19 de noviembre de 2021, ya que en este horario existe una reducción considerable de caudal que ingresa a la PTAR.
- Muestra 3.- Se tomó de una muestra puntual a la salida de la planta de tratamiento en el horario donde existe un ingreso elevado de agua residual, dicha muestra se la hizo a las 9:00 am del día domingo 19 de noviembre del 2021
- Muestra 4.- Se tomó una muestra puntual de agua residual a la salida de la planta de tratamiento a las 9:30 del día domingo 19 de noviembre del 2021, ya que en este horario existe una reducción considerable de caudal que ingresa a la PTAR.

Las muestras tomadas se las realizó según las indicaciones establecidas por la norma NTE INEN 2 176 y NTE INEN 2 169. Posteriormente se realizó el transporte de las muestras al laboratorio de tecnología al servicio de la construcción en ingeniería Civil LDMS de la ciudad de Quito y realizar los respectivos análisis fisicoquímicos del agua residual cruda y tratada [31].

3.1.6 Comparación y análisis de resultados con la normativa ambiental TULSMA 2015

La planta de tratamiento de aguas residuales de la parroquia San Andrés está conformada por las siguientes partes:

- Reja de entrada
- Desarenador
- Tanque séptico.

Dichos procedimientos tienen una remoción teórica de carga contaminante que se muestra en la tabla 18, mismos que serán utilizados para el análisis de los posteriores resultados [31].

Tabla 18: Grado de remoción teórica de contaminantes por procesos unitarios

UNIDADES DE TRATAMIENTO	RENDIMIENTO DE ELIMINACIÓN DEL					
	DBO	DQO	SS	Pb	N-Org c	NH3-N
Rejas de barra	0	0	0	0	0	0
Desarenadores	0-5	0-5	0-10	0	0	0
Sedimentación primaria	30-40	30-40	50-65	oct-20	oct-20	0
Filtros percoladores						
Alta carga, medio, pétreo	65-80	60-80	60-85	8-dic	15-50	8-15
Total remoción teórica	99.05	97.15	98.65	34	75	27.75

Fuente: METCALF & EDDY [12]

Los resultados que se obtuvo en los análisis del laboratorio fueron comparados con los parámetros permitidos para descarga de agua residual tratada en un cuerpo de agua dulce que se encuentra en la Tabla 9 del TULSMA 2015 y de tal manera se verifico que cumple con la norma.

Tabla 19: Comparación de los resultados del análisis de laboratorio con la normativa (Muestra 1 y 2 a la entrada y salida de la PTAR).

PARÁMETRO	U	MÉTODO	ENTRADA	SALIDA	TULSMA LÍMITE MÁX.	CUMPLE
Fósforo Total	mg/l	Standard Methods Ed. 23,2017,4500P-B y 4500 P-C	3,9	2,58	10	SI
Sólidos Suspendidos	mg/l	Standard Methods Ed. 23,2017,2540A y 2540 D	147	80	130	SI
Nitrógeno Total	mg/l	Standard Methods Ed. 23,2017,4500-Nag C	69,14	41,58	50	SI
Nitrógeno Amoniacal	mg/l	Standard Methods Ed. 23,2017,4500-NH3F	49,99	22,7	30	SI
DQO	mg/l	Standard Methods Ed. 23,2017,5220A y 5220D	525	322,54	205	NO
DBO 5	mg/l	Standard Methods Ed. 23,2017,5210B	230	132,98	110	NO

Fuente: El autor

Tabla 20: Remoción real de contaminantes (Muestra 1 y 2).

PARÁMETRO	U	ENTRADA	SALIDA	REMOCIÓN REAL (%)
Fósforo Total	mg/l	3.9	2.58	34%
Sólidos Suspendidos	mg/l	147	80	46%
Nitrógeno Total	mg/l	69.14	41.58	40%
Nitrógeno Amoniacal	mg/l	49.99	22.7	55%
DQO	mg/l	525	322.54	39%
DBO 5	mg/l	230	132.98	42%

Fuente: El autor

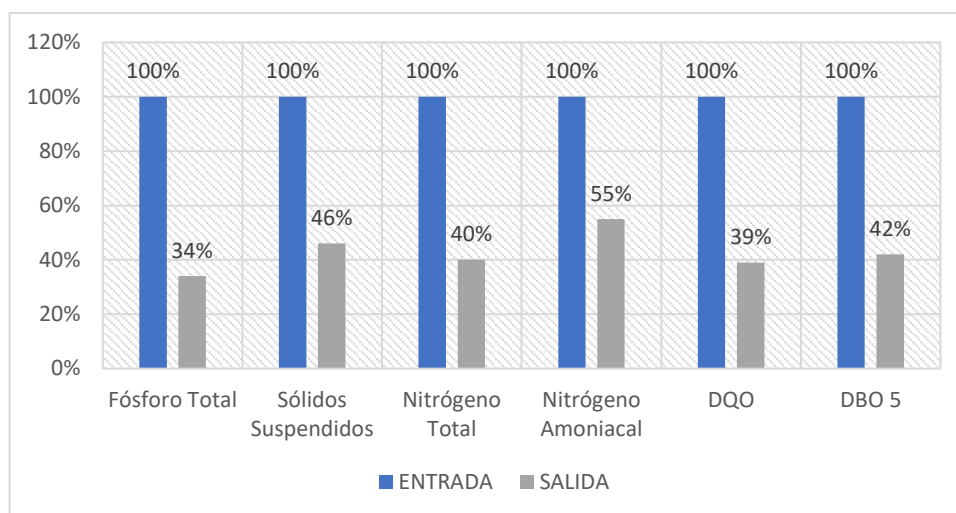


Figura 18: Esquema de remoción real de contaminantes (Muestra 1 y 2).

Fuente: El autor

Tabla 21: Remoción teórica de contaminantes (Muestra 1 y 2).

PARÁMETRO	U	ENTRADA	SALIDA	REMOCIÓN TEORICA (%)
Fósforo Total	mg/l	3.9	2.28	41%
Sólidos Suspendidos	mg/l	147	1.47	99%
Nitrógeno Total	mg/l	69.14	21,05	70%
Nitrógeno Amoniacal	mg/l	49.99	43.78	13%
DQO	mg/l	525	19,5	96%
DBO 5	mg/l	230	3,15	98%

Fuente: El autor

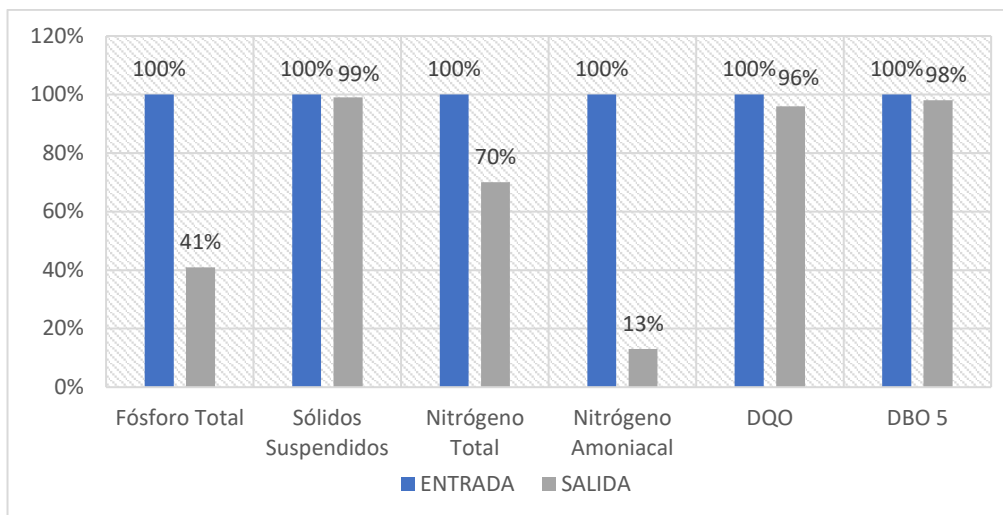


Figura 19: Esquema de remoción teórica de contaminantes (Muestra 1 y 2).

Fuente: El autor

Ya obtenido los datos del laboratorio se procedió a realizar las respectivas comparaciones viendo que la planta de tratamiento ubicada en la parroquia San Andrés se encuentra funcionando parcialmente por la cual se ha procedido a realizar un análisis más profundo de cada parte hidráulica que forma parte del PTA.

3.2 Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la parroquia San Andrés.

3.2.1 Diagnostico Técnico

Una vez realizado todos los análisis y dimensiones de la planta del tratamiento se procede al diagnóstico respectivo del estado actual de la planta tanto del agua residual cruda y tratada para así verificar el estado actual que se encuentra actualmente.

3.2.1.1 Elementos actuales del sistema de tratamiento de la PTAR



Figura 20: Diagrama de flujo actual de la PTAR.

Fuente: El autor

3.2.2 Dimensiones actuales de los elementos que conforman la PTAR

Para el levantamiento de información se procedió a realizar una inspección visual al lugar y luego se obtuvo la toma de medidas de cada componente de la PTAR.

3.2.2.1 Reja de entrada

Se encuentra en la parte principal de la planta su función principal es retener los sedimentos de gran proporción para así cuando llegue al desarenador no cause inconvenientes.

Tabla 22: Dimensiones de la Reja de entrada

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Altura	0.35	m
Ancho	0.4	m
Diámetro de rejas	1/2"	in
Separación rejas	0.03	cm

Fuente: El autor

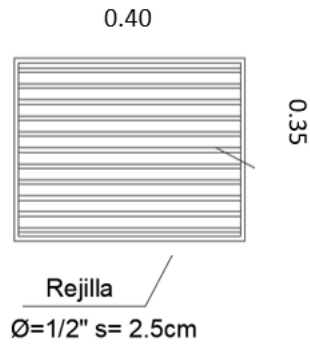


Figura 21: Diagrama de flujo actual de la PTAR.

Fuente: El autor

3.2.2.2 Desarenador

Es una estructura de hormigón armado que lleva el agua residual, este sistema se encarga de proteger el desgaste anormal de las tuberías y canales del siguiente proceso, consta de dos salidas que dirigen el agua residual al Tanque séptico.

Tabla 23: Dimensiones del Desarenador.

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Altura	0,8	m
Ancho	1,2	m
Largo	2,5	m
Espesor de pared	0.20	m

Fuente: El autor

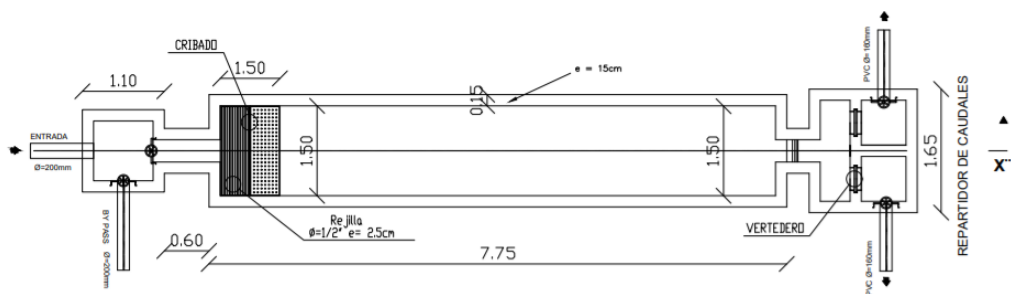


Figura 22: Vista en planta del Desarenador.

Fuente: El autor

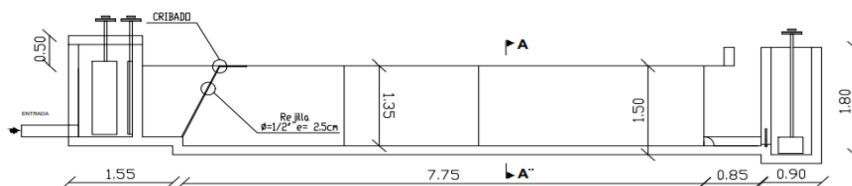


Figura 23: Vista en elevación del Desarenador.

Fuente: El autor

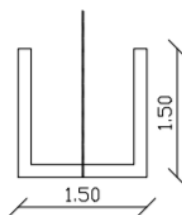


Figura 24: Diagrama de flujo actual de la PTAR.

Fuente: El autor

3.2.2.3 Tanque Séptico

Es una estructura de separación de sólidos que acondiciona las aguas residuales para su buena infiltración en la actualidad en la planta de tratamiento no conta con un lecho

de lodos es por ello que se está dando un mal funcionamiento al tanque séptico ya que este no tiene donde desfogar los lodos y se quedan atrapados en los tanques.

Tabla 24: Dimensiones del Filtro Percolador

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Largo	2,8	m
Ancho	7,3	m
Altura	2,9	m
Borde libre	40	cm
Espesor paredes	20	cm

Fuente: El autor

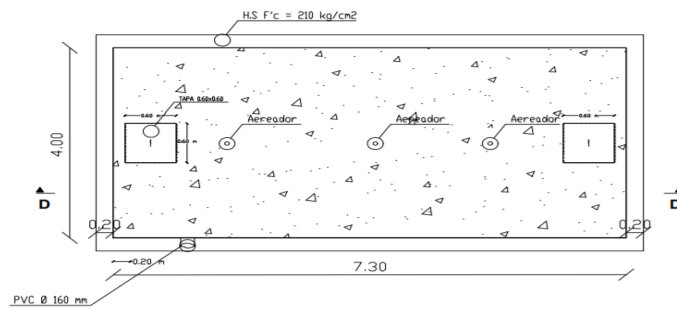


Figura 25: Vista en planta tanque séptico.

Fuente: El autor

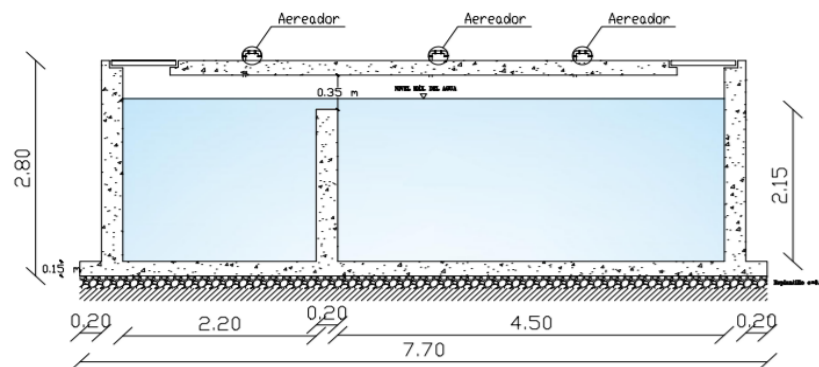


Figura 26: Vista en elevación tanque séptico.

Fuente: El autor

3.2.3 Diagnóstico de funcionamiento teórico actual de la PTAR

3.2.3.1 Diagnóstico de funcionamiento del Desarenador (OPS)

Los datos de la temperatura, diámetro de la partícula y la densidad relativa de la arena se obtuvieron a través de la información recopilada en campo. Los datos como la viscosidad cinemática, peso específico de la partícula y el factor que está en función al diámetro de la partícula, se los consideraron en base a los criterios de diseño estipulados en el manual de la OPS [29].

DATOS:

- Diámetro de la partícula $d = 0.2 \text{ mm}$
- Caudal de diseño $Q = 2.90 \text{ lt/s}$
- Densidad relativa de la arena $\rho_s = 2.65$
- Temperatura $T = 25^\circ\text{C}$
- Peso específico de las partículas $\lambda_s = 2.63 \text{ g/cm}^3$
- Viscosidad cinemática $n = 0.8975 \times 10^{-4} \frac{\text{cm}^2}{\text{seg}}$
- Factor en función del diámetro $a = 44$

Cálculo de la velocidad de flujo (Velocidad de escurrimiento)

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

$$Vd = 44\sqrt{0.020\text{cm}}$$

$$Vd = 6.22\text{cm/s}$$

$$Vd = 0.0622\text{m/s}$$

Ancho de la cámara de desarenador (asumido)

$$B = 1.5\text{m}$$

Altura de la cámara de sedimentación

$$H = \frac{Q}{v * B}$$

$$H = \frac{0.00290 \text{ m}^3/\text{s}}{\frac{0.0622 \text{ m}}{\text{s}} * 1.5 \text{ m}}$$

$$H = 0.031 \text{ m}$$

Asumimos $H = 1.5 \text{ m}$ según los criterios de diseño de la OPS.

Cálculo de la velocidad del desarenador.

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

$$V_s = \frac{1}{18} * 981 \text{ cm/s}^2 \left(\frac{2.61 - 1}{0.8975 \times 10^{-12} \frac{\text{cm}^2}{\text{seg}}} \right) (0.02 \text{ cm})^2$$

$$V_s = 4.01 \text{ cm/s}$$

Cálculo de Reynolds

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

$$Re = \frac{4.01 \text{ cm/s} * 0.020 \text{ cm}}{0.8975 \times 10^{-12} \frac{\text{cm}^2}{\text{seg}}}$$

$$Re = 8.94$$

$Re = 8.94 > 0.5$ (No se encuentra en la zona de la ley de Stokes) Hacemos un reajuste para identificar la Ley aplicable correcta.

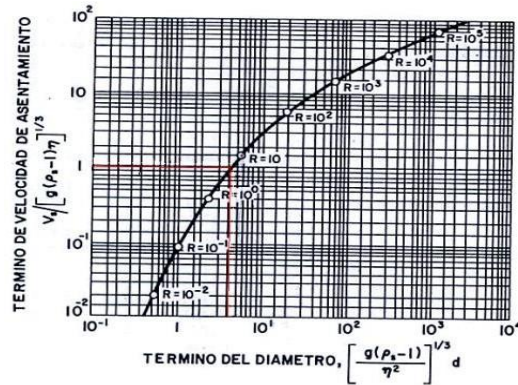


Figura 27: Valores de sedimentación.

Fuente: Guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores [29]

Término del diámetro:

$$Td = \left(\frac{g(ps - 1)}{n^2} \right)^{1/3} * d$$

$$Td = \left(\frac{981 \text{ cm/s}^2 (2.65 - 1)}{(0.8975 \times 10^{-12} \frac{\text{cm}^2}{\text{seg}})^2} \right)^{1/3} * 0.020 \text{ cm}$$

$$Td = 5.44$$

Término de la velocidad de sedimentación:

$$\frac{Vs}{(g(ps - 1) n)^{1/3}} = 1$$

$$Vs = 1 * (g(ps - 1) n)^{1/3}$$

$$Vs = 1 * (981 \text{ cm/s}^2 (2.65 - 1) 0.8975 \times 10^{-12} \frac{\text{cm}^2}{\text{seg}})^{1/3}$$

$$Vs = 2.44 \text{ cm/s}$$

Comprobación de Reynolds

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

$$Re = \frac{2.44 \text{ cm/s} * 0.020 \text{ cm}}{(0.8975 \times 10^{-2} \frac{\text{cm}^2}{\text{seg}})^2}$$

$$Re = 4.83$$

$Re = 4.83$ (Entonces se encuentra en la zona de transición – Ley de Allen)

Cálculo de arrastre

$$CD = \frac{24}{R} + \frac{3}{\sqrt{R}} + 0.34$$

$$CD = \frac{24}{4.88} + \frac{3}{\sqrt{4.88}} + 0.34$$

$$CD = 6.67$$

Cálculo de la velocidad del desarenador.

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

$$Vs = \sqrt{\frac{4}{3} * \frac{981 \text{ cm/s}^2}{6.67} (2.65 - 1) * 0.020 \text{ cm}}$$

$$Vs = 2.54 \text{ cm/s}$$

Cálculo del tiempo de retención

$$Ts = \frac{H}{Vs}$$

$$Ts = \frac{1.5 \text{ m}}{0.0254 \text{ m/s}}$$

$$Ts = 59.05 \text{ s}$$

Cálculo de la longitud de la cámara

Asumimos una eficiencia del 80% y calculamos k de acuerdo al siguiente gráfico:

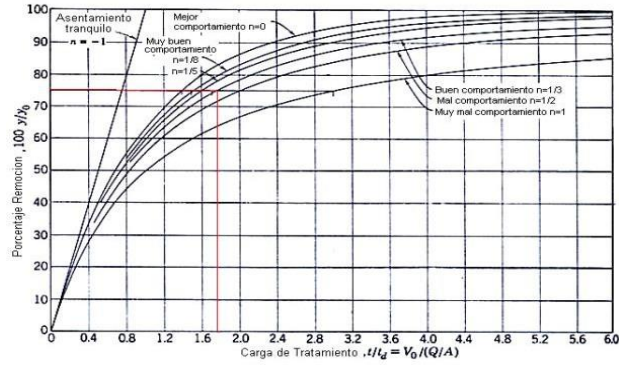


Figura 28: Curvas de comportamiento.

Fuente: Guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores [29]

$$L = k * Vd * Ts$$

$$L = 2.1 * 0.0622m/s * 59.05s$$

$$L = 7.71m$$

se asume $L = 7.75m$

Cálculo de la transición de entrada y salida

$$LT = \frac{B - H}{2 * \tan(12.5)}$$

$$LT = \frac{1.5m - 1.5m}{2 * \tan(12.5)}$$

$$LT = 0m$$

Tabla 25: Dimensiones del Desarenador propuesto.

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Altura	1.50	m
Ancho	1.50	m
Largo	7.75	m
Transición de entrada y salida	0.0	m
Espesor de pared	0.15	m

Fuente: El autor

A través de los cálculos realizados mediante el proceso de diseño según la Organización Panamericana de la Salud (OPS), se realizó el cálculo respectivo para el caudal máximo horario de 2.90 lt/s correspondiente al día domingo, dando como resultado una relación larga/profundidad igual a 5 por lo que cumple con los criterios de diseño que dice la OPS que debe estar entre 5 – 20. Por otro lado, relación larga/ancho calculada fue igual a 5 por lo que cumple con los criterios de diseño de la OPS que dice que debe estar entre 3 - 6, mientras que las dimensiones actuales del desarenador la relación larga/ancho es 8 por lo que el desarenador existente no cumple con ciertas dimensiones y criterios de diseño [31].

Diagnóstico de funcionamiento del tanque séptico (Norma RAS 2000)

- Caudal de diseño: $Q = 2.90 \text{ lt/s}$
- Población $N_c = 1520 \text{ hab}$
- Tiempo de retención: $T = 1 \text{ día}$
- Acumulación lodos digeridos: $K = 65 \text{ día}$
- Lodo fresco: $L_f = 1 \frac{\text{lt}}{\text{día}}$
- Largo: $L = 7.30 \text{ m}$
- Ancho: $b = 2.8 \text{ m}$
- Profundidad $h = 2.50 \text{ m}$

Cálculo del volumen útil del tanque séptico

$$Vu = 1000 + N_c(Q * T + K * L_f)$$

$$Vu = 1000 + 1520(2.90 \text{ lt/s} * 1 \text{ día} + 65 \text{ día} * 1 \frac{\text{lt}}{\text{día}})$$

$$Vu = 104208 \text{ lt}$$

La relación entre largo (L) y ancho (b), debe estar comprendida entre los valores.

$$2 < \frac{L}{b} < 4$$

$$2 < \frac{7.30}{2.8} < 4$$

$$2 < 2.61 < 4 \text{ OK}$$

Ancho interno útil

$$b = \left(\frac{Vu}{h * \frac{L}{b}} \right)^{0.5}$$

$$b = \left(\frac{104.208m^3}{2.50m * \frac{7.30m}{2.8m}} \right)^{0.5}$$

$$b = 4m$$

Longitud total de la fosa (L)

$$L = \frac{L}{b} * b$$

$$L = \frac{7.3m}{4m} * 4m$$

$$L = 7.30m$$

Longitud del primer comportamiento (L1)

$$L1 = \frac{2}{3} L$$

$$L1 = \frac{2}{3} 7.30m$$

$$L1 = 4.87m$$

Longitud el segundo compartimiento (L2)

$$L2 = \frac{1}{3} L$$

$$L2 = \frac{1}{3} 7.30$$

$$L2 = 2.43m$$

Borde inferior de los orificios de paso (B_i)

$$B_i = \frac{2}{3} H$$

$$B_i = \frac{2}{3} 2.50m$$

$$B_i = 1.67m$$

Borde superior de los orificios de paso (B_c)

$$B_{smin} = 0.30m$$

Área de los orificios de paso (A_o)

$$A_o = 10\%(b * h)$$

$$A_o = 10\%(4m * 7.30m)$$

$$A_o = 2.92m^2$$

Altura adicional libre (Y)

$$Y = 0.30m$$

Altura total (HT)

$$HT = h + Y$$

$$HT = 2.50m + 0.30m$$

$$HT = 2.80m$$

Tabla 26: Dimensiones recalculadas tanque séptico

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Largo	4	m
Ancho	7.3	m
Altura	2.8	m
Borde libre	30	cm

Fuente: El autor

El estado del pozo séptico si cumple con los calculo teóricos de la norma colombiana RAS y la de la norma para fosas sépticas de la Asociación Brasileira de Normas Tecinas, sin embargo, hay que tomar en cuenta que en la parte operativa de la misma

los parámetros de diseño cumplen un papel primordial para su funcionamiento, ya sean estos tiempos de retención o intervalos de limpieza.

3.3 Verificación de Hipótesis

En la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de la parroquia San Andrés entran muchos contaminantes que no cumplen con los límites máximos permisibles que afectan directamente a las altas concentraciones que presenta la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y Demanda Química de Oxígeno (DQO) como se puede apreciar en la Tabla 16 y Tabla 17.

La PTAR remueve los diferentes contaminantes que presenta el agua residual sin tratar, se realiza a través de los componentes que conforman la planta de tratamiento de aguas residuales, los elementos que actualmente conforman la PTAR son incapaces de cumplir con su función establecida ya que no remueven las cargas contaminantes y no cumple con los límites de descarga a un cuerpo dulce establecido en las tablas 6 y 7.

A través de la evaluación actual de la planta de tratamiento de aguas residuales de la parroquia San Andrés, se puede comprobar la hipótesis de trabajo, misma que indica que la PTAR no se encuentra funcionando de forma correcta en sus condiciones actuales.

3.4 Propuesta para el mejoramiento del proceso de tratamiento de la PTAR y los parámetros ambientales.

La propuesta de mejoramiento de la PTAR está relacionada con el análisis directo de la planta de San Andrés la Victoria a continuación se va a detallar las mejoras:

- Ejecutar un sistema preciso para el cribado del agua residual especialmente sólidos gruesos y plásticos con el fin de ayudar a los demás procesos que conforman el PTAR.
- Implementar un filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA) para disminuir de forma considerable la (DBO) y (DQO) debido al mal funcionamiento de la PTAR

- Incorporar un lecho de lodos ya que en la actualidad la PTAR no consta con uno y eso genera problemas en el tanque séptico ya que él hace la función de lecho de lodos y eso da mal funcionamiento a los tanques.
- Ya que no se cumple con la debida normativa TULSMA 2015 se debe implementar urgentemente a la planta de tratamiento un sistema de desinfección de agua tratada antes de ser descargada de manera que garantice un buen tratamiento para futuros procesos.

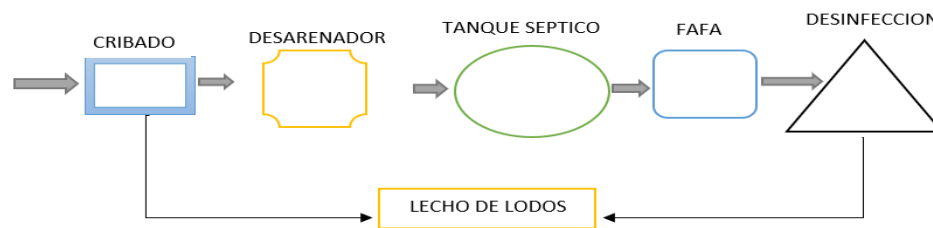


Figura 29: Propuesta para el proceso de tratamiento

Fuente: El autor

De acuerdo a las propuestas de mejora para la remoción teórica de contaminantes presentes en las aguas residuales que ingresan a la PTAR de la parroquia San Andrés, se tendrá los siguientes resultados mostrados en la Tabla 27 [31].

Tabla 27: Grado de remoción teórica de la propuesta de tratamiento.

UNIDADES DE TRATAMIENTO	RENDIMIENTO DE ELIMINACIÓN DEL CONSTITUYENTE, PORCENTAJE					
	DBO	DQO	SS	Pb	N-Org c	NH3-N
Rejas de barra	0	0	0	0	0	0
Desarenadores	0-5	0-5	0-10	0	0	0
Sedimentación primaria	30-40	30-40	50-65	10-20	10-20	0
Filtros percoladores						
Alta carga, medio pétreo	65-80 99.05	60-80 97.15	60-85 98.65	8-12 34	15-50 75	8-15 27.75
Total remoción	99.05	97.15	98.65	34	75	27.75

Fuente: METCALF & EDDY [12]

3.4.1 Diseño del nuevo proceso de tratamiento

Para la nueva propuesta, se aplicará esencialmente el caudal de 2.9 lt/s que depende de la población actual de 1520 hab que fueron tomados del Plan de Desarrollo y ordenamiento territorial del cantón Píllaro – Tungurahua.

3.4.1.1 Diseño del Cribado

El cribado es uno de los principales elementos de una planta de tratamiento ya que es encargada de retener los sólidos de gran tamaño para así proceder al desarenador.

DATOS

- Caudal de diseño $Q = 2.90 \text{ lt/s}$
- Velocidad del canal $V = 0.2 \text{ m/s}$
- Dimensiones del canal $1.50 \times 1.50 \text{ m}$
- Diámetro de Barrotes $b = 0.6 \text{ cm}$
- Separación entre barrotes $L = 1.2 \text{ cm}$

Cálculo del área útil del canal en la zona de rejilla

$$AR = Bc * \frac{L}{L + b} * \left(1 - \frac{G}{100}\right)$$
$$AR = 1.50m * \frac{0.012m}{0.012m + 0.006m} * \left(1 - \frac{30}{100}\right)$$
$$AR = 0.70m^2$$

Cálculo de la profundidad en la zona de rejilla

$$P = Q * \frac{b + L}{1 - \frac{G}{100} * Vp * L * Bc}$$
$$P = 0.0029m^3/s * \frac{0.006m + 0.012m}{1 - \frac{30}{100} * 0.4m/s * 0.012m * 1.50m}$$
$$P = 0.0103 \text{ m}$$

Adoptamos entonces:

$$P = 1.5 \text{ cm}$$

Cálculo de la pérdida de carga generada por la rejilla

$$\Delta H = \frac{Vp^2}{9.1}$$

$$\Delta H = \frac{0.4m/s^2}{9.1}$$

$$\Delta H = 0.04m = 4cm$$

Cálculo del número de barrotes

$$N = \frac{BR - L}{b + L}$$

$$N = \frac{1.50m - 0.012m}{0.006m + 0.012m}$$

$$N = 82.66 = 83 \text{ barrotes}$$

Tabla 28: Dimensiones del Cribado (Propuesta 1).

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Cantidad	83	u
Abertura	1.2	cm
Diámetro	0.6	cm
Largo	1.50	m
Ancho	1.50	m
Inclinación	45°	°

Fuente: El autor

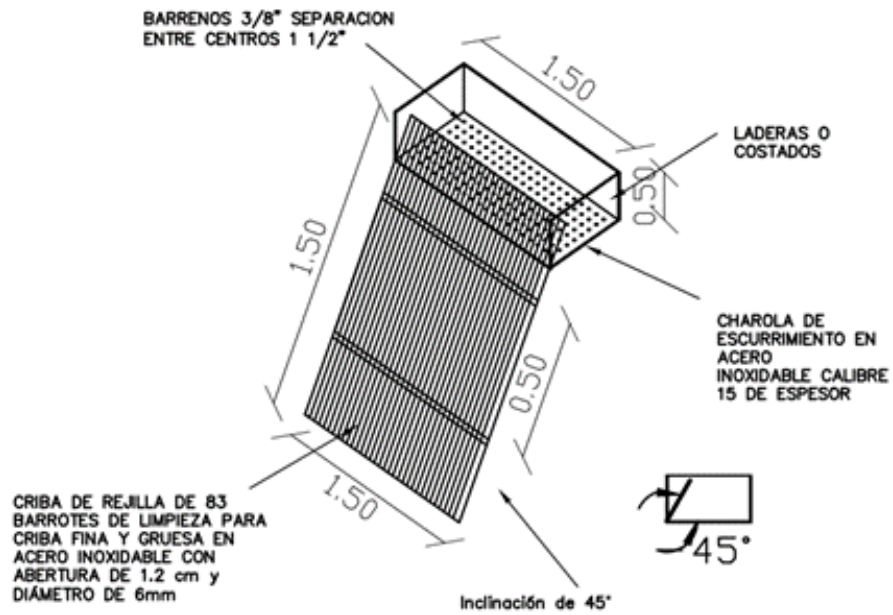


Figura 30: Cribado propuesto.

Fuente: El autor

3.4.1.2 Diseño del Desarenador

El desarenador es el segundo componente que tiene la PTAR esta funciona para detener los sólidos de un diámetro de 0.2mm.

Para el diseño se va a ocupar las dimensiones anteriores ya que si cumplen con lo estipulado en el manual OPS.

DATOS

- Diámetro de la partícula $d = 0.2 \text{ mm}$
- Caudal de diseño $Q = 2.90 \text{ lt/s}$
- Densidad relativa de la arena $\rho_s = 2.65$
- Temperatura $T = 25^\circ\text{C}$
- Peso específico de las partículas $\lambda_s = 2.63 \text{ g/cm}^3$
- Aceleración de la gravedad $g = 9.81 \text{ m/s}^2$
- Viscosidad cinemática $n = 0.8975 \times 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{s}$
- Factor en función del diámetro $a = 44$

Cálculo de la velocidad de flujo (Velocidad de escurrimiento)

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

$$Vd = 44\sqrt{0.020cm}$$

$$Vd = 6.22cm/s$$

$$Vd = 0.0622m/s$$

Ancho de la cámara de desarenador (asumido)

$$B = 1.5m$$

Altura de la cámara de sedimentación

$$H = \frac{Q}{v * B}$$

$$H = \frac{0.00290m^3/s}{\frac{0.0622m}{s} * 1.5m}$$

$$H = 0.031 m$$

Asumimos $H = 1.5 m$ según los criterios de diseño de la OPS.

Cálculo de la velocidad del desarenador.

$$Vs = \frac{1}{18} g \left(\frac{ps - 1}{n} \right) d^2$$

$$Vs = \frac{1}{18} * 981cm/s^2 \left(\frac{2.61 - 1}{0.8975 \times 10^{-12} \frac{cm^2}{seg}} \right) (0.02 cm)^2$$

$$Vs = 4.01cm/s$$

Cálculo de Reynolds

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

$$Re = \frac{4.01 \text{ cm/s} * 0.020 \text{ cm}}{0.8975 \times 10^{-2} \frac{\text{cm}^2}{\text{seg}}}$$

$$Re = 8.94$$

$Re = 8.94 > 0.5$ (No se encuentra en la zona de la ley de Stokes) Hacemos un reajuste para identificar la Ley aplicable correcta.

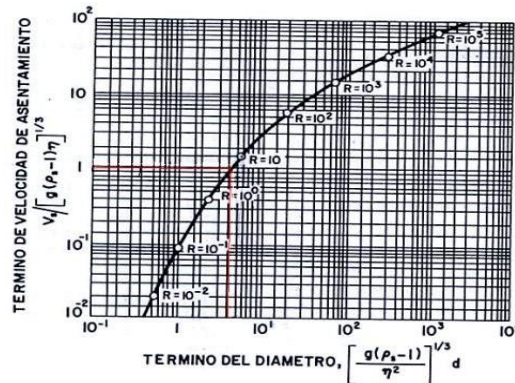


Figura 31: Valores de sedimentación.

Fuente: Guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores [29]

Término del diámetro:

$$Td = \left(\frac{g(ps - 1)}{n^2} \right)^{1/3} * d$$

$$Td = \left(\frac{981 \text{ cm/s}^2 (2.65 - 1)}{(0.8975 \times 10^{-2} \frac{\text{cm}^2}{\text{seg}})^2} \right)^{1/3} * 0.020 \text{ cm}$$

$$Td = 5.44$$

Término de la velocidad de sedimentación:

$$\frac{Vs}{(g(ps - 1) n)^{1/3}} = 1$$

$$Vs = 1 * (g(ps - 1) n)^{1/3}$$

$$Vs = 1 * (981 \text{ cm/s}^2 (2.65 - 1) 0.8975 \times 10^{-\wedge 2} \frac{\text{cm}^2}{\text{seg}})^{1/3}$$

$$Vs = 2.44 \text{ cm/s}$$

Comprobación de Reynolds

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

$$Re = \frac{2.44 \text{ cm/s} * 0.020 \text{ cm}}{(0.8975 \times 10^{-\wedge 2} \frac{\text{cm}^2}{\text{seg}})^2}$$

$$Re = 4.83$$

$Re = 4.83$ (Entonces se encuentra en la zona de transición – Ley de Allen)

cálculo de arrastre

$$CD = \frac{24}{R} + \frac{3}{\sqrt{R}} + 0.34$$

$$CD = \frac{24}{4.88} + \frac{3}{\sqrt{4.88}} + 0.34$$

$$CD = 6.67$$

Cálculo de la velocidad del desarenador.

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

$$Vs = \sqrt{\frac{4}{3} * \frac{981 \text{ cm/s}^2}{6.67} (2.65 - 1) * 0.020 \text{ cm}}$$

$$Vs = 2.54 \text{ cm/s}$$

Cálculo del tiempo de retención

$$Ts = \frac{H}{Vs}$$

$$T_s = \frac{1.5m}{0.0254m/s}$$

$$T_s = 59.05s$$

Cálculo de la longitud de la cámara

Asumimos una eficiencia del 80% y calculamos k de acuerdo al siguiente gráfico:

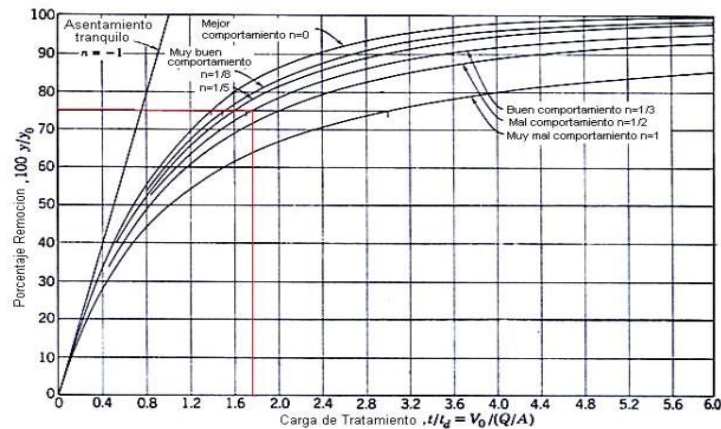


Figura 32: Curvas de comportamiento.

Fuente: Guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores [29]

$$L = k * Vd * Ts$$

$$L = 2.1 * 0.0622m/s * 59.05s$$

$$L = 7.71m$$

se asume $L = 7.75m$

Cálculo de la transición de entrada y salida

$$LT = \frac{B - H}{2 * \tan(12.5)}$$

$$LT = \frac{1.5m - 1.5m}{2 * \tan(12.5)}$$

$$LT = 0m$$

Tabla 29: Dimensiones del Desarenador propuesto.

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Altura	1.50	m
Ancho	1.50	m
Largo	7.75	m
Transición de entrada y salida	0.0	m
Espesor de pared	0.15	m

Fuente: El autor

3.4.1.3 Diseño del tanque séptico de doble cámara

El tanque séptico es una unidad de tratamiento primario cuya función principal es sedimentar los sólidos presentes en el agua residual. Se procede a ocupar un tanque séptico con dos compartimentos para tener una mejor sedimentación, digestión y almacenamiento de los sólidos suspendidos en el agua residual, cuyas dimensiones serán los 2/3 y 1/3 de la longitud total respectivamente [32].

- Caudal de diseño: $Q = 2.90 \text{ lt/s}$
- Población $N_c = 1520 \text{ hab}$
- Tiempo de retención: $T = 1 \text{ día}$
- Acumulación lodos digeridos: $K = 65 \text{ día}$
- Lodo fresco: $L_f = 1 \frac{\text{lt}}{\text{día}}$
- Largo: $L = 7.30 \text{ m}$
- Ancho: $b = 2.8 \text{ m}$
- Profundidad $h = 2.50 \text{ m}$

Cálculo del volumen útil del tanque séptico

$$Vu = 1000 + N_c(Q * T + K * L_f)$$

$$Vu = 1000 + 1520(2.90 \text{ lt/s} * 1 \text{ día} + 65 \text{ día} * 1 \frac{\text{lt}}{\text{día}})$$

$$Vu = 104208 \text{ lt}$$

La relación entre largo (L) y ancho (b), debe estar comprendida entre los valores.

$$2 < \frac{L}{b} < 4$$

$$2 < \frac{7.30}{2.8} < 4$$

$$2 < 2.61 < 4 \text{ OK}$$

Ancho interno útil

$$b = \left(\frac{Vu}{h * \frac{L}{b}} \right)^{0.5}$$

$$b = \left(\frac{104.208m^3}{2.50m * \frac{7.30m}{2.8m}} \right)^{0.5}$$

$$b = 4m$$

Longitud total de la fosa (L)

$$L = \frac{L}{b} * b$$

$$L = \frac{7.3m}{4m} * 4m$$

$$L = 7.30m$$

Longitud del primer compartimiento ($L1$)

$$L1 = \frac{2}{3} L$$

$$L1 = \frac{2}{3} 7.30m$$

$$L1 = 4.87m$$

Longitud el segundo compartimiento ($L2$)

$$L2 = \frac{1}{3}L$$

$$L2 = \frac{1}{3}7.30$$

$$L2 = 2.43m$$

Borde inferior de los orificios de paso (B_i)

$$B_i = \frac{2}{3}H$$

$$B_i = \frac{2}{3}2.50m$$

$$B_i = 1.67m$$

Borde superior de los orificios de paso (B_c)

$$B_{smin} = 0.30m$$

Área de los orificios de paso (A_o)

$$A_o = 10\%(b * h)$$

$$A_o = 10\%(4m * 7.30m)$$

$$A_o = 2.92m^2$$

Altura adicional libre (Y)

$$Y = 0.30m$$

Altura total (HT)

$$HT = h + Y$$

$$HT = 2.50m + 0.30m$$

$$HT = 2.80m$$

Tabla 30: Dimensiones recalculadas tanque séptico

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Largo	4	m
Ancho	7.3	m
Altura	2.8	m
Borde libre	30	cm

Fuente: El autor

3.4.1.4 Diseño del filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA)

La función principal del filtro anaerobio de flujo ascendente es reducir hasta un 70 % el DBO y DQO mediante degradación biológica ya que el residual que proviene del proceso anterior entra al tanque y pasa por una superficie filtrante que por lo general son piedras o plástico [31].

DATOS

- Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO = $S_o = 230 \text{ mg/l}$
- Caudal medio $Q_m = 8.50 \text{ m}^3/\text{h}$
- Caudal máximo diario afluente $Q_M = 9.541 \text{ m}^3/\text{h}$
- Caudal máximo horario afluente $Q_{MH} = 11.235 \text{ m}^3/\text{h}$
- Tiempo de retención hidráulica $TRH = 5.0 \text{ h}$
- Altura borde libre $h_l = 0.50 \text{ m}$
- Altura bajo dren $h_b = 0.50 \text{ m}$
- Altura de medio filtrante $h_m = 1.40 \text{ m}$

Cálculo del volumen del filtro

$$V = Q * (TRH)$$
$$V = \frac{8.5m^3}{h} * (5H)$$
$$V = 42.5m^3$$

Cálculo de la altura total del filtro

$$H = h_l + h_b + h_m$$
$$H = 0.50m + 0.50m + 1.40m$$
$$H = 2.40m$$

Cálculo del área del filtro anaerobio

$$A = \frac{V}{H}$$
$$A = \frac{42.5m^3}{2.40m}$$
$$A = 17.70m^2$$

Cálculo del volumen del medio filtrante

$$V_{mf} = A * h_m$$
$$V_{mf} = 17.70m^2 * 1.40m$$

$$V_{mf} = 24.79m^3$$

Verificación de la carga hidráulica superficial

Para el caudal medio:

$$CHS_{Q_m} = \frac{Q_m}{A}$$

$$CHS_{Q_m} = \frac{8.50m^3/h}{17.70m^2} * 24$$

$$CHS_{Q_m} = 11.53m^3/m^2d$$

Para el caudal máximo diario:

$$CHS_{Q_M} = \frac{Q_{QM}}{A}$$

$$CHS_{Q_M} = \frac{9.54m^3/h}{17.70m^2} * 24$$

$$CHS_{Q_M} = 12.94m^3/m^2d$$

Para el caudal máximo horario:

$$CHS_{Q_{MH}} = \frac{Q_{QMH}}{A}$$

$$CHS_{Q_{MH}} = \frac{11.24m^3/h}{17.70m^2} * 24$$

$$CHS_{Q_{MH}} = 15.24m^3/m^2d$$

Verificación de la carga orgánica volumétrica 1.

$$COV_1 = \frac{Q * S_o}{V_{mf}}$$

$$COV_1 = \frac{8.5m^3 * 0.23kg /m^3}{42.5m^3} * 24$$

$$COV_1 = 1.10 \frac{DBO}{m^3d}$$

Verificación de la carga orgánica volumétrica 2.

$$COV_2 = \frac{Q * S_o}{V_{mf}}$$

$$COV_2 = \frac{8.5m^3 * 0.23kg /m^3}{24.79m^3} * 24$$

$$COV_2 = 1.89 \frac{DBO}{m^3d}$$

Cálculo de la eficiencia del filtro anaerobio

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

$$E = 100(1 - 0.87(5.0^{-0.5}))$$

$$E = 61\%$$

Cálculo de la concentración de dbo esperada en el afluente

$$DBO_{ef} = S_o - \frac{E * S_o}{100}$$

$$DBO_{ef} = 230 \text{ mg/l} - \frac{61 * 230 \text{ mg/l}}{100}$$

$$DBO_{ef} = 89.7 \text{ mg/l}$$

Tabla 31: Dimensiones del filtro anaerobio de flujo ascendente.

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Altura	3	m
Ancho	3,5	m
Largo	4,5	m
Borde libre	0.50	m

Fuente: El autor

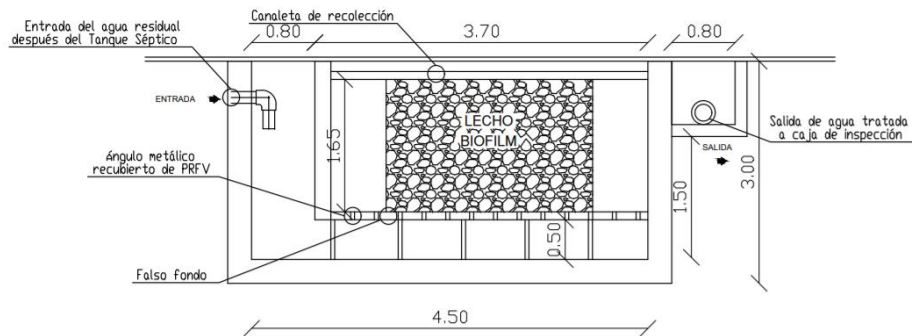


Figura 33: FAFA

Fuente: El autor

3.4.1.5 Diseño del lecho de secado de lodos

El lecho de secado de lodos es un proceso unitario que tienen como función sacar a la intemperie los lodos que proviene de la planta de tratamiento, mediante este proceso las aguas que quedan en los lodos se filtran o se evaporan y así es más fácil la limpieza.

DATOS

- Población $P = 1520 \text{ hab}$
- Contribución Percápita $Cp = 80 \text{ gr} \frac{SS}{\text{hab} \cdot \text{día}}$
- Densidad de lodos $\rho_{\text{lodos}} = 1.04 \frac{\text{kg}}{\text{lt}}$
- % sólidos 15%
- Temperatura $T = 25^\circ\text{C}$
- Factor compacidad relativa $Td = 30 \text{ días}$
- Profundidad de aplicación $Ha = 0.40 \text{ m}$

Cálculo de la carga de sólidos (C, en Kg de $\frac{SS}{\text{día}}$)

$$C = \frac{\text{Población} * \text{Contribución percapita} (\text{gr} * \frac{SS}{\text{día}})}{100}$$

$$C = \frac{1520 \text{ hab} * (80 \text{ gr} * \frac{SS}{\text{día}})}{100}$$

$$C = 121.6 \text{ Kg} * \frac{SS}{\text{hab}}$$

Masa de sólidos que conforman los lodos (M_{sd} en Kg de $\frac{SS}{\text{día}}$)

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

$$M_{sd} = \left(0.5 * 0.7 * 0.5 * 121.6 \text{ Kg} * \frac{SS}{\text{hab}} \right) + \left(0.5 * 0.3 * 121.6 \text{ Kg} * \frac{SS}{\text{hab}} \right)$$

$$M_{sd} = 39.52 \text{ Kg} * \frac{SS}{\text{hab}}$$

Cálculo del volumen diario de losos digeridos (V_{ld} en lt/día)

$$V_{ld} = \frac{M_{sd}}{\rho_{\text{lodos}} * \left(\frac{\% \text{ de sólido}}{1000} \right)}$$

$$V_{ld} = \frac{39.52 \text{ Kg} * \frac{SS}{\text{hab}}}{1.04 \frac{\text{kg}}{\text{lt}} * \left(\frac{15\%}{1000} \right)}$$

$$V_{ld} = 253.33 \text{ m}^3$$

Cálculo de volumen de lodos a extraer del TANQUE (V_{el} en m³)

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

$$V_{el} = \frac{253.33 \text{ m}^3 * 30 \text{ días}}{1000}$$

$$V_{el} = 7.60m^3$$

Cálculo del área del lecho de secado (A_{ls} en m^2)

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

$$A_{ls} = \frac{7.60m^3}{0.40m}$$

$$A_{ls} = 19m^2$$

Tabla 32: Dimensiones del filtro anaerobio de flujo ascendente.

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Altura	1.00	m
Ancho	4.00	m
Largo	6.00	m
Espesor pared	0.30	m

Fuente: El autor

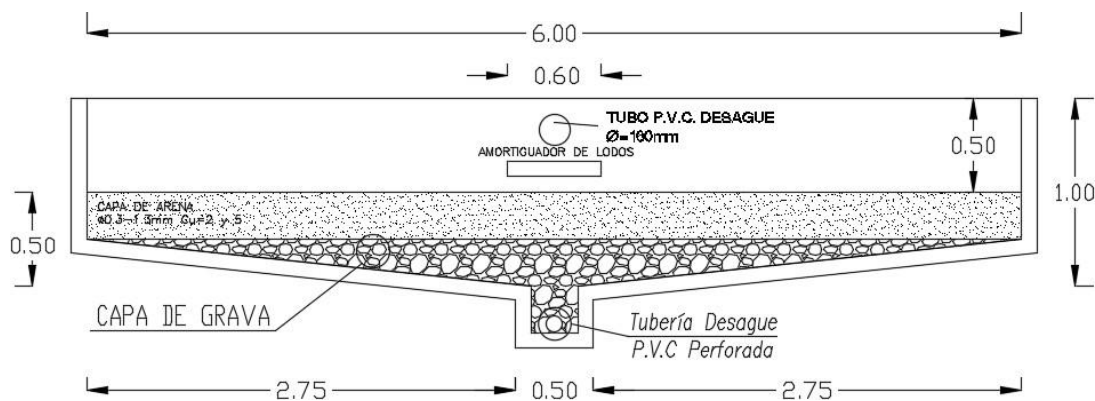


Figura 34: Lecho de secado de lodos propuesto

Fuente: El autor

3.4.2 Comparación (PTAR actual con la PTAR propuesta)

La planta de tratamiento de aguas residuales de la parroquia San Andrés, viene presentando varios problemas que vienen ya acarrando varios años atrás. La mayoría de las estructuras hidráulicas actualmente no cuentan con su respectiva función para la cual fue diseñada ya que la PTAR no cuenta con todos los parámetros sugeridos para un correcto tratado de aguas residuales. En la tabla 33 se realiza una comparación

de los procesos para la remoción de contaminantes que tiene actualmente la PTAR con la propuesta de mejora que se presenta en el literal 3.4

Tabla 33: Comparación (condición actual vs propuesta)

SISTEMA	CONDICIÓN ACTUAL		PROPUESTA	
	Función	Dimensión	Función	Dimensión
Cribado	Retención de los sólidos voluminosos	No cumple con las rejas de separación.	Retención de los sólidos voluminosos	Sus dimensiones se encuentran diseñadas en base a la normativa vigente.
Desarenador	Sedimentación de las partículas suspendidas en el agua residual	No cumple con la relación (largo/ancho)	Sedimentación de las partículas suspendidas en el agua residual	Sus dimensiones de encuentran diseñadas en base a los parámetros de la Organización Panamericana de la Salud (OPS)
TANQUE SÉPTICO.	Sedimenta y digiere los sólidos suspendidos en el agua residual	No cumple con la norma vigente.	Sedimenta y digiere los sólidos suspendidos en el agua residual	se encuentran en función de los parámetros establecidos por la norma colombiana RAS 2000
FAFA	No existe	No existe	Remoción de la carga contaminante	Sus dimensiones se encuentran diseñadas en base a los parámetros de la norma SEMARNAT
Desinfección	No existe	No existe	Eliminación de patógenos y organismos	No existen dimensiones ya que corresponden a un debido proceso de dosificación
Lecho de secado de lodos	No existe	No existe	Recepción de los lodos producidos en el proceso de tratamiento	Sus dimensiones de encuentran diseñadas en función a los parámetros de la Organización Panamericana de la Salud (OPS)

Fuente: El autor

3.5 Operación y mantenimiento del proceso de tratamiento

El plan de operación y mantenimiento es un conjunto de actividades y procedimientos que se elaboran con el fin de realizar el correcto mantenimiento a la planta de tt de aguas residuales de la parroquia San Andrés sector La Victoria. Por otro lado, un buen plan de operación y mantenimiento aria que la PTAR tenga una vida útil duradera de sus unidades hidráulicas por ello es indispensable cumplir con el correcto mantenimiento de cada una de sus partes de la PTAR a continuación se detalla el correcto mantenimiento:

3.5.1 Cribado

- Observar si las rejillas están con material de gran volumen proceder a limpiar siempre y cuando con un equipo adecuado ya el agua de llega es muy contaminada y eso puede ocasionar daños a la salud de las personas.
- Limpiar el cribado por lo menos una vez al día.
- Verificar que las rejillas consten con un ángulo de inclinación de 45°

3.5.2 Desarenador

- Verificar que el operario de la planta realice una inspección de la cámara de revisión y sedimentación a la entrada del tanque.
- Retirar la vegetación de la parte superior del tanque.
- Ver si existen excesos de materiales y proceder a limpiarlos.
- Proceder a colocar el material que se retiró del desarenador al lecho de lodos.
- Retirar la tapa de vez en cuando para que salga todos los gases acumulado.
- Realizar la limpieza por lo menos cada dos días.

3.5.3 Tanque séptico

- Realizar una limpieza profunda por lo menos una vez al año, pero procurar no dejar el tanque totalmente vacío ya que este puede proceder a tener daños a futuro.
- Observar que tan profundo están los lodos y proceder a su extracción.

3.5.4 Fafa

- Verificar si el filtro esté funcionando óptimamente.
- Retirar los sólidos acumulados en el filtro.
- Realizar un muestreo del agua que sale del filtro y hacer un análisis físico-químico de la misma.

3.5.5 Lecho de secado de lodos

- Retirar los lodos del tanque séptico y proceder a secarlos o evaporarlos para luego limpiar y esos lodos utilizarlos como abono para mejorar el suelo.
- Verificar que la llave de paso esté funcionando correctamente.

Tabla 34: Actividades y mantenimiento de la PTAR.

Sistema	Actividad	Frecuencia	Personal	Material requerido
Cribado	Retirar el material retenido en la rejilla, secarlos y ubicarlos como residuos sólidos para el posterior uso agrícola.	Diariamente	Un operador	Elementos de protección personal, rastrillo, guantes y recipiente para los residuos recogidos.
Desarenador	Inspección y limpieza de los sedimentos	Diariamente	Un operador	Elementos de protección personal, para y medidor de sedimentos.

Tanque Imhoff	Remoción de sobrenadantes acumuladas y abrir la válvula de paso del tubo para la salida de lodos.	Cada dos días	Un operador	Elementos de protección personal, rastrillo, guantes y recipiente para los residuos recogidos.
Filtro percolador	Inspección del tubo, limpieza de sus aberturas y verificar las válvulas para la distribución uniforme.	Cada dos días	Un operador	Elementos de protección personal.
FAFA	Inspección, limpieza de natas, limpieza del filtro y tuberías.	Cada dos semanas	Dos operadores	Elementos de protección personal, rastrillo, guantes y recipiente para los residuos recogidos.
Desinfección	Inspección de la dosificación requerida	Diariamente	Un operador	Equipos requeridos por el profesional a cargo
Lecho de secado de lodos	Inspección del secado de los lodos	Una vez a la semana	Un operador	Elementos de protección personal, carretilla y pala.

Fuente: [30]

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

4.1 Conclusiones

- Se efectuó un levantamiento de información de la planta de tratamiento de aguas residuales de la parroquia San Andrés, lo que nos con lleva adquirir un conocimiento general como el año que fue construida a PTAR que en este caso fue en el año 2001 con un periodo de diseño de 20 años, pero con el tiempo las estructuras hidráulicas están funcionando a medias, es por ello que se propone la implementación de un nuevo tren de tratamiento con un lecho de secado de lodos, un filtro anaerobio de flujo ascendente y la desinfección para completar a la planta para realizar las propuestas de mejoras respectivas.
- Se examina los parámetros actuales de la PTAR, DQO = 205 mg/l y DBO5 = 110 mg/l y se pudo observar que el límite máximo no cumple con la norma del TULSMA 2015 que son PTAR, DQO = 200 mg/l y DBO5 = 100 mg/l para descargas de agua en cuerpos de agua dulce ya que no tiene los componentes adecuados como es el cribado, desarenador, tanque séptico, fafa, lecho de secado de lodos y la desinfección.
- Se realizo un plan de operación y mantenimiento con el fin de ayudar a la persona que operan en la PTAR, este plan cuenta con actividades como retirar el material retenido en la rejilla, secarlos y ubicarlos como residuos sólidos para el posterior uso agrícola, inspección y limpieza de los sedimentos y los demás detalles. (ver Tabla 34).
- Se propone un nuevo proceso de diseño, operación y mantenimiento del agua residual a la entrada y salida del PTAR el mismo que contaría con las siguientes partes: una caja de rejilla, un cribado, un desarenador, un tanque séptico de doble cámara, un filtro anaerobio de flujo ascendente y un lecho de secado para

lodos; los mismos que se encuentran diseñados bajo los parámetros y recomendaciones establecidas por los manuales de diseño como se ve en el diseño de la implantación.

- Se realizó un análisis del caudal de agua que ingresa a la PTAR a través del método volumétrico, dando como resultado un caudal medio de 8.50 m³/h y un caudal máximo de 9.541 m³/h.

4.2 Recomendaciones

- Se recomienda realizar un levantamiento de información anual de la población existente ya que con el pasar de los años va en aumento y esto conlleva a que la planta de tratamiento no funcione correctamente para la cantidad de población que está diseñada.
- Se recomienda realizar un muestreo del agua residual en el afluente y efluente de la planta de tratamiento, para de esta forma determinar si la misma cumple con el tratamiento establecidos en el TULSMA o si necesita un control más riguroso del planteado en el plan de operación y mantenimiento propuesto en este trabajo experimental
- Se recomienda adquirir equipos de bioseguridad para realizar las respectivas actividades sin ningún problema, además debe incorporar señalética dentro y fuera de la PTAR para evitar accidentes de personas ajenas a la planta.
- Se recomienda llevar el plan de operación y mantenimiento activo para prevenir futuros daños o colapsos a la PTAR.
- Se recomienda llevar un estricto control y mantenimiento para evitar que sus estructuras hidráulicas fallen y produzcan un colapso con el pasar de los años.
- Se recomienda usar el método volumétrico para la toma de caudales ya que es el método más práctico y eficaz y menos costoso.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, “Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo,” 2015. [Online]. Available: <https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals/goal-6-clean-water-and-sanitation.html>. [Accessed: 01-Jan-2021].
- [2] M. Valladares, C. Valerio, P. de la Cruz, and R. Melgoza, “Adsorbentes noconvencionales, alternativas sustentables para el tratamiento de aguas residuales,” *Rev. Ing. Univ. Medellín*, vol. 16, no. 31, pp. 55–73, 2017, doi: 10.22395/rium.v16n31a3.
- [3] ONU, “Objetivo 6. Agua Limpia Y Saneamiento: Por Que Es Importantes,” United Nations, pp. 1–2, 2015.
- [4] A. Toledo, “El agua en México y el mundo,” *Gac. Ecológica*, vol. 64, pp. 9– 18, 2002.
- [5] A. Noyola, “Tendencias en el tratamiento de aguas residuales domésticas en Latinoamérica,” pp. 2–7, 2012.
- [6] SENAGUA, “Secretaría del agua,” 2014. [Online]. Available: <https://www.agua.gob.ec/ley-de-aguas/>. [Accessed: 06-Jan-2021].
- [7] J. De Anda Sánchez, “Saneamiento descentralizado y reutilización sustentable de las aguas residuales municipales en México,” *Soc. y Ambient.*, pp. 119–143, 2017.
- [8] UNESCO, “¿Son las aguas residuales el nuevo ‘oro negro’?. Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos,” pp. 0–3, 2017.
- [9] M. Torske, “La realidad de las aguas servidas en Ecuador,” 2019. <https://www.yakunina.com/la-realidad-de-las-aguas-servidas-en-ecuador/> (accessed Mar. 25, 2021).
- [10] INEC, “Estadística de Información Ambiental Económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales 2015 (Agua y Alcantarillado),” 2016.
- [11] Senplades, “Agua potable y alcantarillado para erradicar la pobreza en el Ecuador,” p. 120, 2014.
- [12] M. & Eddy, «Tratamiento, vertido y reutilizacion,» de Ingeniería de aguas residuales , España, 1995, pp. 53-55.

- [13] K. Reynolds, «Tratamiento de Aguas Residuales en Latinoamérica Identificación del Problema,» Agua Latinoamérica, pp. 1-4, 2002.
- [14] SENAGUA, «Secretaria del Agua,» 6 Agosto 2014. [En línea]. Available: <https://www.agua.gob.ec/ley-de-aguas/>. [Último acceso: 16 Octubre 2019].
- [15] B. Farias, «IAGUA,» 12 Septiembre 2016. [En línea]. Available: <https://www.iagua.es/blogs/bettys-farias-marquez/conocimientos-basicos-plantas-tratamiento-aguas-residuales-ptar-modulo-i>. [Último acceso: 18 Octubre 2019].
- [16] M. B. Portero Pesantes and V. A. Amat Marchán, “Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Babahoyo,” Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, 2017.
- [17] E. Arriols, «Ecología verde,» 6 Agosto 2018. [En línea]. Available: <https://www.ecologiaverde.com/que-son-las-aguas-residuales-y-como-se-clasifican-1436.html>. [Último acceso: 18 Octubre 2019].
- [18] C. López Vázquez, G. Builtrón Méndez, H. García, and F. Cervantes Carrillo, Tratamiento biológico de aguas residuales: Principios, modelación y diseño. Cambridge: Alliance House, 2017.
- [19] METCALF and I. Eddy, “Tratamiento, vertido y reutilización,” in Ingeniería de aguas residuales, A. García, Ed. España - Madrid, 1995, pp. 53–56.
- [20] J. Arocutipa, “Evaluación y propuesta técnica de una planta de tratamiento de aguas residuales en Massiapo del distrito alto Inambari - Sandia,” Universidad Nacional del Altiplano, 2013.
- [21] D. J. Llerena Guevara and T. P. Ramos Ramos, “Evaluación del funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales de la Universidad Estatal Amazónica,” Universidad Estatal Amazónica, 2018.
- [22] TULSMA, «NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES: RECURSO AGUA,» de LEY DE GESTION AMBIENTAL, QUITO, 2015, pp. 20-23.
- [23] R. Rojas, “Gestión integral de tratamiento de aguas residuales,” Sistemas de tratamiento de Aguas Residuales, 2002. [Online]. Available: <http://docplayer.es/11882686-Conferencia-sistemas-de-tratamiento-de-aguas-residuales.html>.
- [24] G. Moeller, L. Sandoval, A. Ramirez, E. Ramirez, L. Cardoso, V. Escalante, A.

- Tomasini, V. Miranda, P. Mijaylova y G. Ortiz, Tratamiento de aguas residuales, México, 2011.
- [25] Código Ecuatoriano de la construcción, «Sistemas de tratamiento de aguas residuales,» de Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes, Quito, 1992, pp. 309-322.
- [26] Comisión Nacional del Agua, Filtros Anaerobios de Flujo Ascendente, México, 2016.
- [27] ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, GUÍA PARA EL DISEÑO DE TANQUES SÉPTICOS, TANQUES IMHOFF Y LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN, Lima, 2005.
- [28] Plan de Desarrollo y ordenamiento territorial San Andrés, 2014. [Online].<https://www.gadsanandres.gob.ec/images/PDOT%20SAN%20ANDRES%202015.pdf>
- [29] Organización Panamericana de la Salud, “Guía para el diseño de Desarenadores y Sedimentadores.,” Centro Panamericano de Ingeniería sanitaria y ciencias del ambiente., 2005. [Online]. Available: [https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/OPS_2005b. Guía desarenadores y sedimentadores.pdf](https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/OPS_2005b_Guía_desarenadores_y_sedimentadores.pdf).
- [30] R. Vilaña, “Evaluación y rediseño del sistema de tratamiento de aguas residuales para los barrios Villaflora y El Rosario, parroquia Pintag, cantón Quito, provincia de Pichincha, Quito.,” 2016.
- [31] D. Pillapa, “Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la parroquia el Corazón, cantón Pangua, provincia Cotopaxi” Universidad Técnica de Ambato, 2021.
- [32] V. Izurieta, “Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la Parroquia Poatug, cantón Patate, provincia de Tungurahua” Universidad Técnica de Ambato, 2020.

ANEXOS

ANEXO A
Fotografías



Figura 35: Estado actual de la planta de tratamiento de la parroquia San Andrés

Fuente: El autor



Figura 36: Toma de muestras de la entrada del PTAR.

Fuente: El autor



Figura 37: Toma de muestras de la salida del PTAR.

Fuente: El autor



Figura 38: Muestras obtenidas para los análisis de laboratorio.

Fuente: El autor



Figura 39: Reja de entrada (PTAR).

Fuente: El autor



Figura 40: Tanque séptico (PTAR).

Fuente: El autor



Figura 41: Desarenador (PTAR).

Fuente: El autor

ANEXO B

RESULTADOS DE

LABORATORIO

DEL AGUA

RESIDUAL DEL

PTAR



LABORATORIOS
INFORME- FBR-LDMS-004
Análisis DE AGUA

PROYECTO: Planta de tratamiento de aguas residuales

Fecha: 27 de enero del 2022

Solicitante: Karina Tamay

Sector: La Victoria, Pillaro - Tungurahua

Calculado Por: Ing. Darwin Cadena

MUESTRA 1 Resultados de los análisis de agua a la entrada de la PTAR.						
PARAMETROS ANALIZADOS	METODOLOGIA DE REFERENCIA	UNIDAD	RESULTADOS	INCERTIDUMBRE (K=2)	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE	CRITERIO DE RESULTADOS
ACEITES Y GRASAS GRAVIMETRICO	Standard Methods Ed.23, 2017. 5520 B	mg/l	<20.0	±4,4 mg/l	30	CUMPLE
COLIFORMES FECALES	Standard Methods Ed.23, 2017.9221 B, E Y F	NMP/100ml	9100	±2,1 NMP/100ml	2000	NO CUMPLE
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	Standard Methods Ed.23, 2017. 5210 B	mg/l	230	±30,77 mg/l	198	NO CUMPLE
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	Standard Methods Ed.23, 2017. 5220 A y 5220 D	mg/l	525	±74,6 mg/l	280	NO CUMPLE
FOSFORO	Standard Methods Ed.23, 4500-P B y 4500-P C	mg/l	3,9	±0,15 mg/l	10	CUMPLE

Dirección: Panamericana sur Km 101/2 Barrio La Patagonia calle S42A S42-36 y E2F
Quito-Ecuador
Telf. 3010100-3010169-094185252-0996579117 mail/ ldmslabingenieria@gmail.com
Página 1 de 4



LABORATORIOS
INFORME- FBR-LDMS-004

NITROGENO AMONIAICAL	Standard Methods Ed.23,2017, 4500-NH ₄ F	mg/l	48,99	±0,82 mg/l	30	NO CUMPLE
NITROGENO TOTAL KJELDAHL	Standard Methods Ed.23, 2017.4500-N ag C	mg/l	69,14	±0,45 mg/l	50	NO CUMPLE
POTENCIAL HIDROGENO	Standard Methods Ed.23, 2017.4500-H+A y 4500-H+B	U p/H	6,85	±0,08 U Ph	6 - 9	CUMPLE
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	Standard Methods Ed.23, 2017.2540 A y 2540 D	mg/l	147	±3,9 mg/l	130	NO CUMPLE
SOLIDOS TOTALES	Standard Methods Ed.23, 2017.2540 A y 2540 D	mg/l	567	±4,1 mg/l	1600	CUMPLE
TEMPERATURA	Standard Methods Ed.23, 2017. 2550 B	°C	25	±1,0 °C	Condicion natural ±3	CUMPLE

Atentamente,



LDMS LABORATORIOS DE MECANICA DE SUELOS Y DISEÑOS CIA. LTDA

Dirección: Panamericana sur Km 101/2 Barrio La Patagonia calle S42A S42-36 y E2F
Quito-Ecuador
Telf. 3010100-3010169-094185252-0996579117 mail/ ldmslabingenieria@gmail.com
Página 2 de 4





LABORATORIOS
INFORME- FBR-LDMS-004

MUESTRA 2	Resultados de los análisis de agua a la salida de la PTAR					
PARAMETROS ANALIZADOS	METODOLOGIA DE REFERENCIA	UNIDAD	RESULTADOS	INCERTIDUMBRE (K=2)	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE	CRITERIO DE RESULTADOS
ACEITES Y GRASAS GRAVIMETRICO	Standard Methods Ed.23, 2017. 5520 B	mg/l	<20.0	±4,4 mg/l	30	CUMPLE
COLIFORMES FECALES	Standard Methods Ed.23, 2017.9221 B, E Y F	NMP/100ml	9100	±2,1 NMP/100ml	2000	NO CUMPLE
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	Standard Methods Ed.23, 2017. 5210 B	mg/l	132,98	±30,77 mg/l	110	NO CUMPLE
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	Standard Methods Ed.23, 2017. 5220 A y 5220 D	mg/l	322,54	±74,6 mg/l	205	NO CUMPLE
FOSFORO	Standard Methods Ed.23, 4500-P B y 4500-P C	mg/l	2,58	±0,15 mg/l	10	CUMPLE
NITROGENO AMONICAL	Standard Methods Ed.23,2017, 4500-NH ₄ F	mg/l	22,7	±0,82 mg/l	30	CUMPLE
NITROGENO TOTAL KJELDAHL	Standard Methods Ed.23, 2017.4500-N ag C	mg/l	41,58	±0,45 mg/l	50	CUMPLE

Dirección: Panamericana sur Km 101/2 Barrio La Patagonia calle S42A S42-36 y E2F
 Quito—Ecuador
 Telf. 3010100—3010169—094185252—0996579117 mail/ ldmslabingenieria@gmail.com
 Página 3 de 4



LABORATORIOS
INFORME- FBR-LDMS-004

POTENCIAL HIDROGENO	Standard Methods Ed.23, 2017.4500-H+A y 4500-H+B	U p/H	7,58	±0,08 U Ph	6 - 9	CUMPLE
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	Standard Methods Ed.23, 2017.2540 A y 2540 D	mg/l	80	±3,9 mg/l	130	CUMPLE
SOLIDOS TOTALES	Standard Methods Ed.23, 2017.2540 A y 2540 D	mg/l	328	±4,1 mg/l	1600	CUMPLE
TEMPERATURA	Standard Methods Ed.23, 2017. 2550 B	°C	25	±1,0 °C	Condicion natural ±3	CUMPLE

Atentamente,



LDMS LABORATORIOS DE MECANICA DE SUELOS Y DISEÑOS CIA. LTDA

Dirección: Panamericana sur Km 101/2 Barrio La Patagonia calle S42A S42-36 y E2F
 Quito—Ecuador
 Telf. 3010100—3010169—094185252—0996579117 mail/ ldmslabingenieria@gmail.com
 Página 4 de 4



ANEXO C

PLANOS DE LA

PLANTA DE

TRATAMIENTO

DE LA

PARROQUIA SAN

ANDRES SECTOR

LA VICTORIA

PARROQUIA SAN ANDRÉS - PÍLLARO



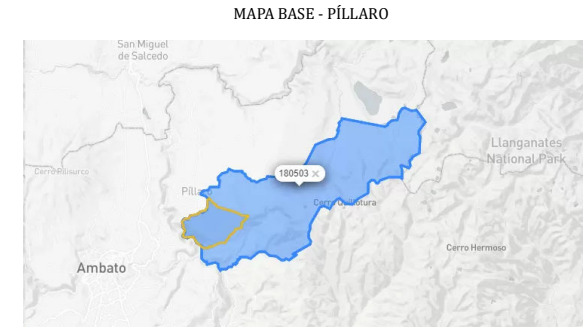
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Source: Esri, Maxar, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community; Esri, HERE, Garmin, (c) OpenStreetMap contributors, and the GIS user community

PROVINCIA :	CANTÓN:	PARROQUIA	COMUNIDAD:	PREDIO:
TUNGURAHUA	PÍLLARO	SAN ANDRÉS	SAN ANDRÉS	PTAR

MAPA BASE DEL CANTÓN



REFERENCIA CARTOGRÁFICA PARA LA UBICACIÓN

UBICACIÓN DEL PREDIO

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES - SAN ANDRÉS

PUNTO	ESTE	NORTE
1	775635,73	9876558,87
2	775648,84	9876561,67
3	775642,26	9876604,66
4	775629,32	9876596,73



PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA UTM
DATUM WGS-84 ZONA 17 S

ESCALA:	1:7000
SUPERFICIE:	130.00 m2

REF. CARTA TOP. IGM: 1 : 50000
Ñ - IV - A4

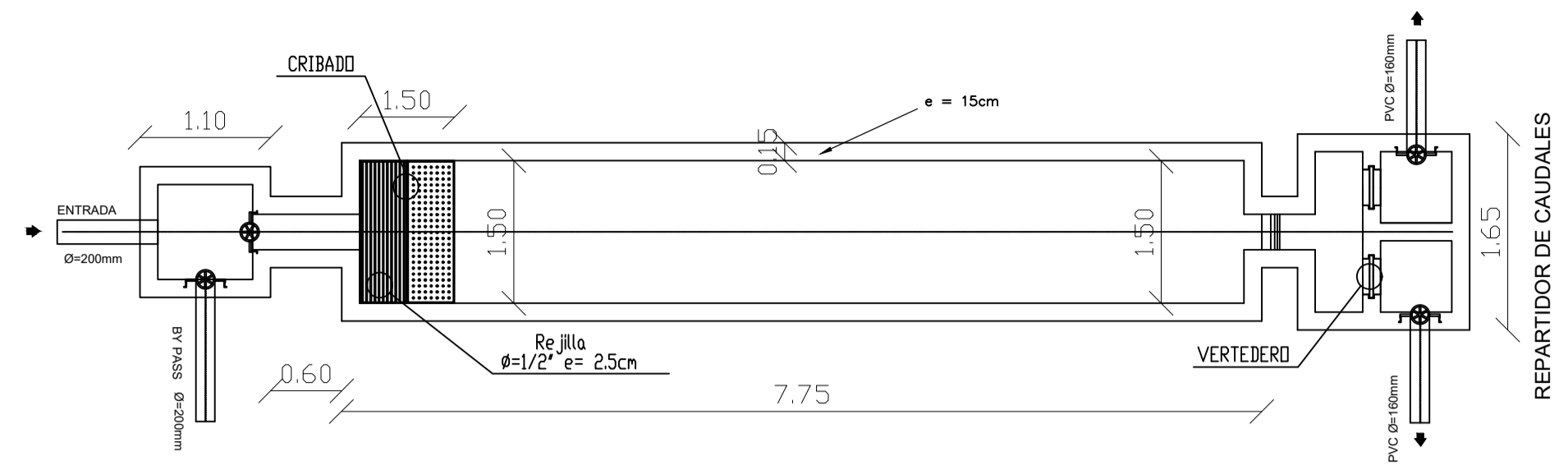
FECHA:
07/02/2021

AUTOR:

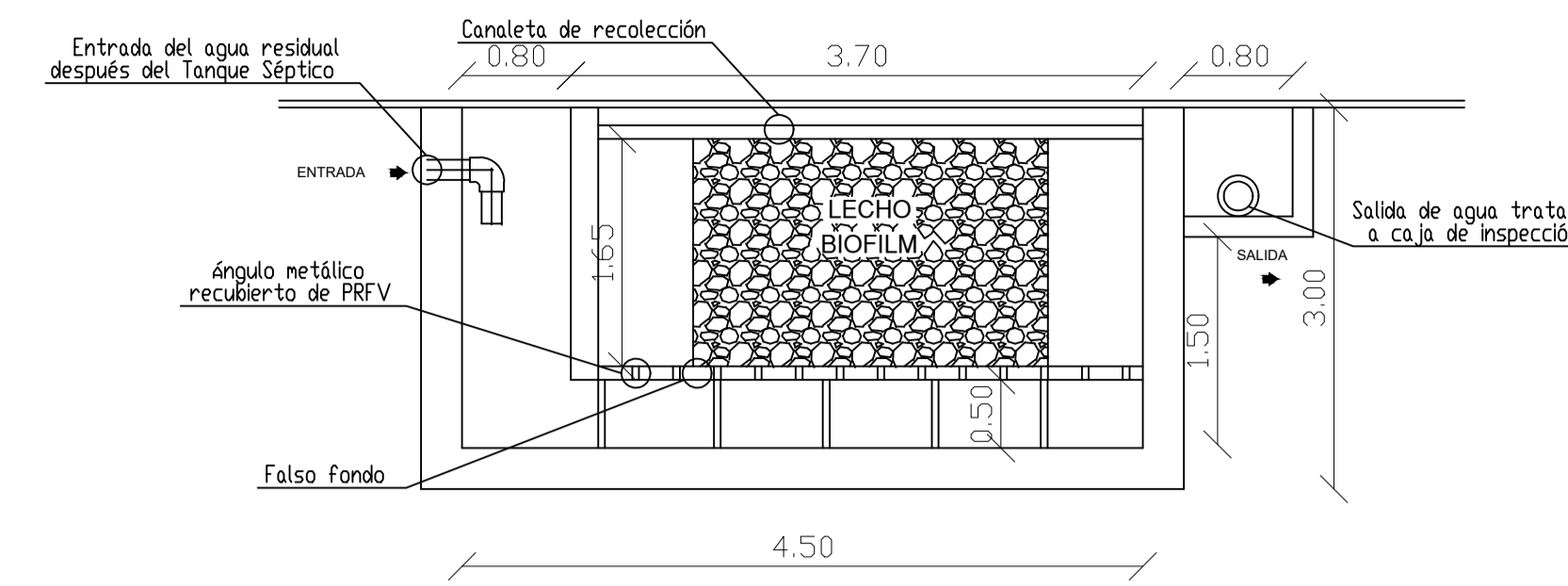
KARINA BELÉN TAMAY CHILUIZA

TUTOR:

ING. MG. GALO WILFRIDO NÚÑEZ ALDAS



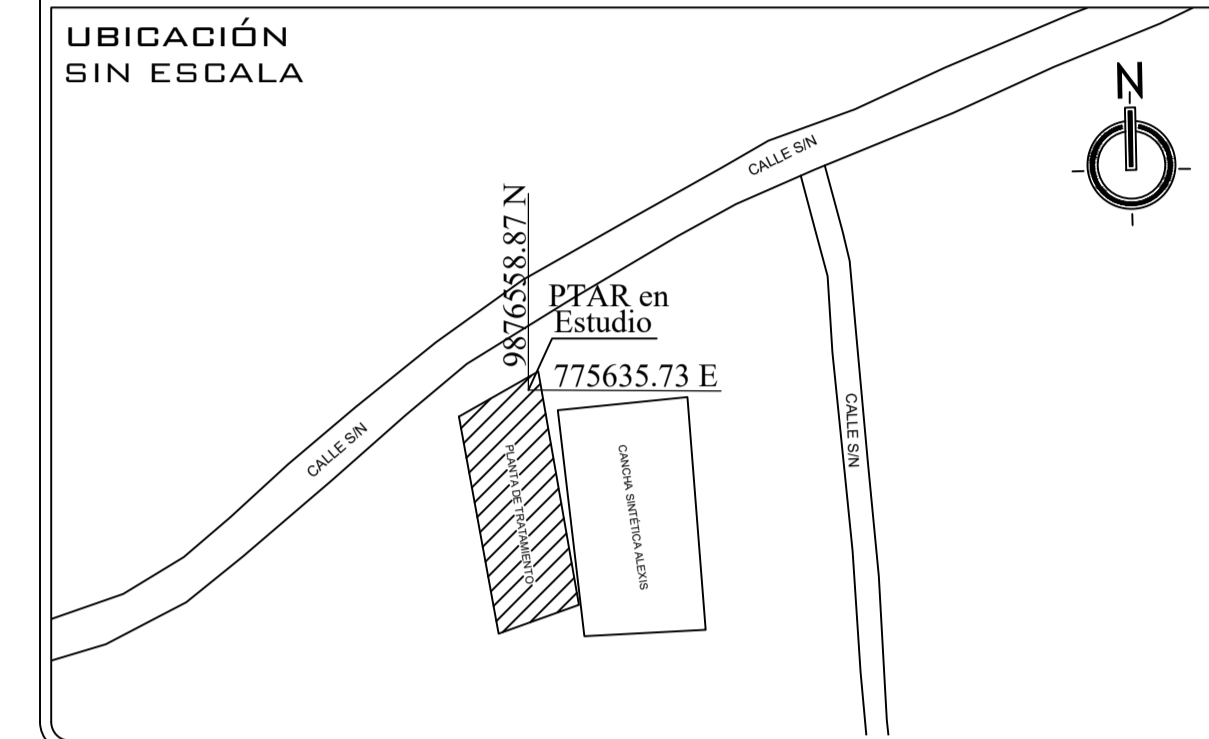
PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
ALTURA	1.50	M
ANCHO	1.50	M
LARGO	7.75	M
TRANSICIÓN	0.00	M
ESPESOR DE PARED	0.15	M



FILTRO ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE

ESCALA 1:50

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
ALTURA	3.00	M
ANCHO	3.50	M
LARGO	4.50	M
BORDE LIBRE	0.50	M



CANTÓN: PÍLLARO
 PARROQUIA: SAN ANDRÉS

TEMA:
 "EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PARROQUIA SAN ANDRÉS, CANTÓN PÍLLARO, PROVINCIA TUNGURAHUA"

CONTIENE:
 DESARENADOR - FAF - LECHO DE SECADO DE LODOS - CRIBA

APROBADO:
 Mg. GALO WILFRIDO NUÑEZ ALDAS

AUTOR:
 KARINA BELÉN TAMAY CHILUIZA

TUTOR:
 Mg. GALO WILFRIDO NUÑEZ ALDAS

CLAVE:
ARQ
 N.º 01 DE 2

ESCALA:
 INDICADA

FECHA:
 FEBRERO

OBSERVACIONES:

DESARENADOR

ESCALA 1:50

DIMENSIONES GENERALES

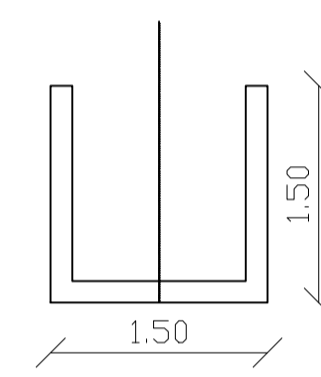
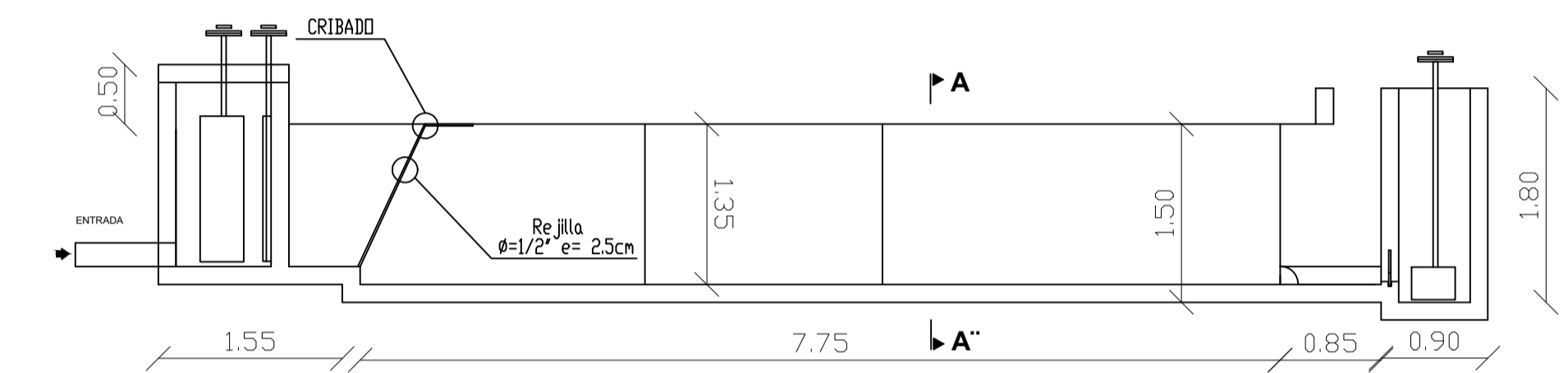
ESCALA S/E

CORTE X - X"

ESCALA 1:50

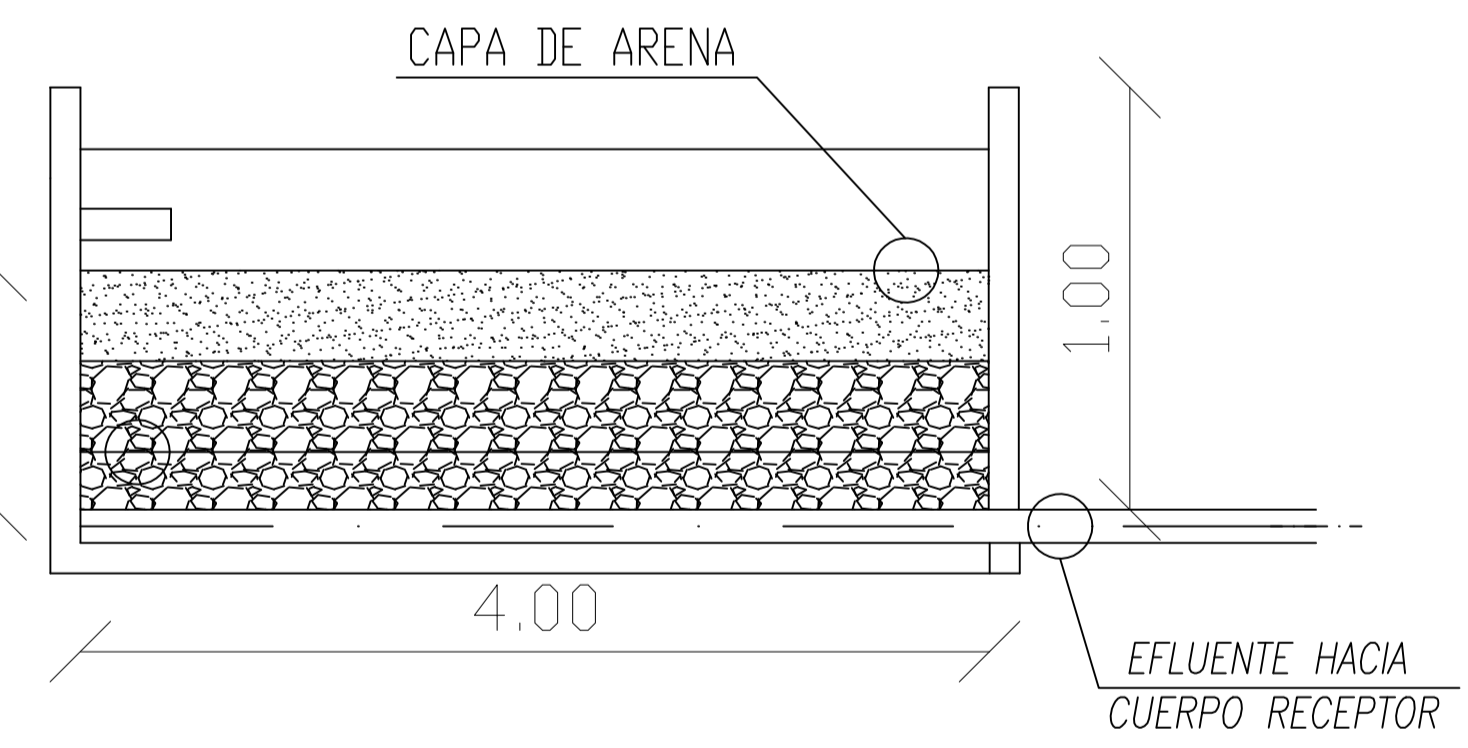
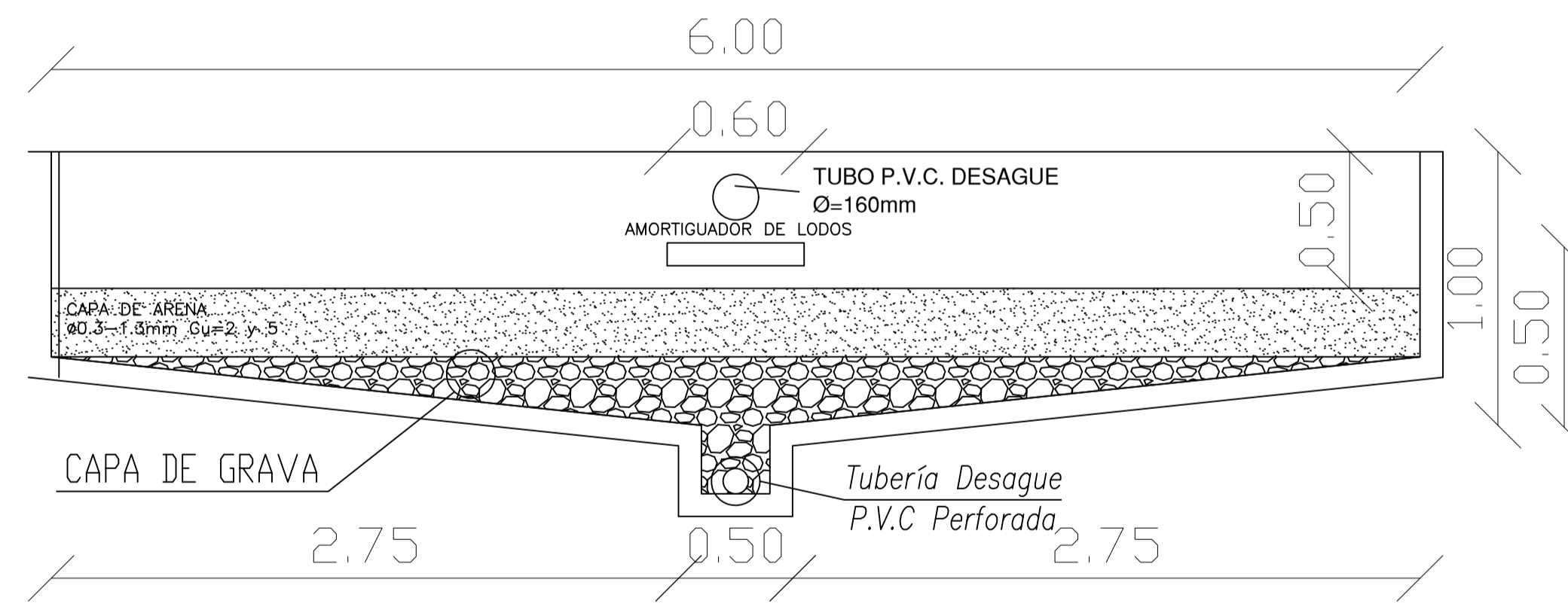
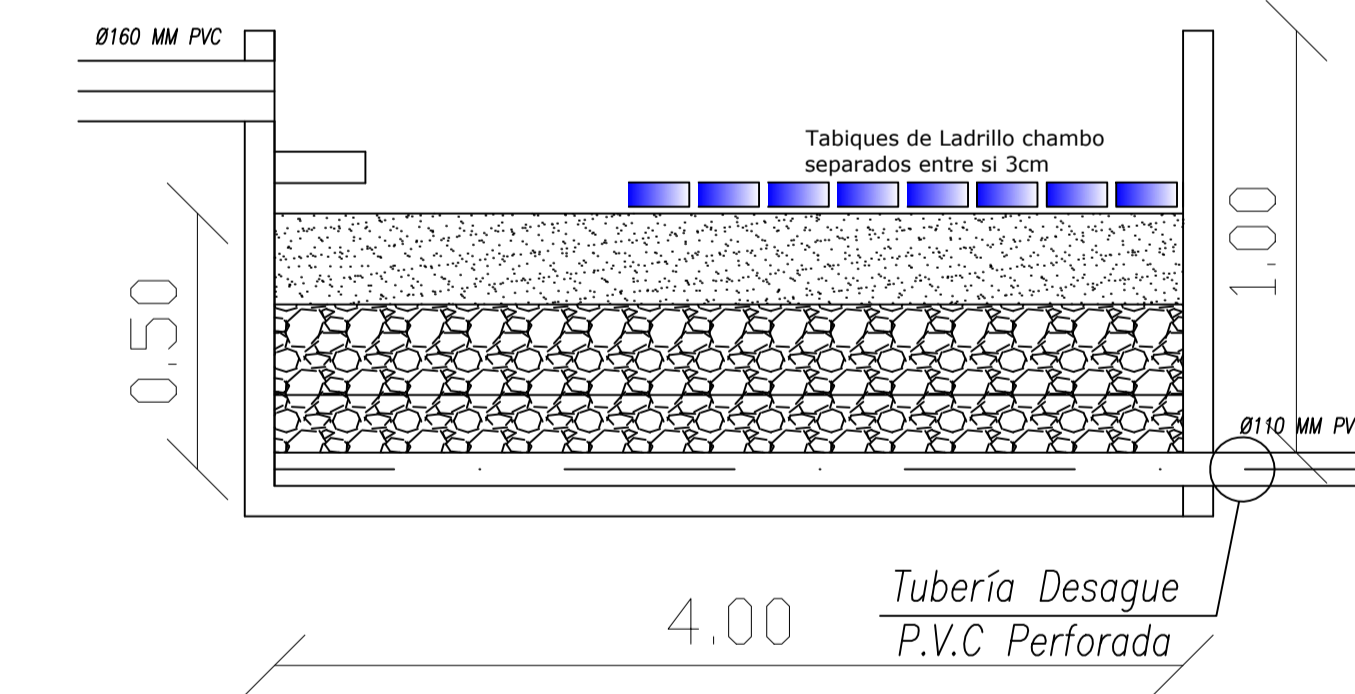
CORTE A - A"

ESCALA 1:50



DIMENSIONES GENERALES

ESCALA S/E



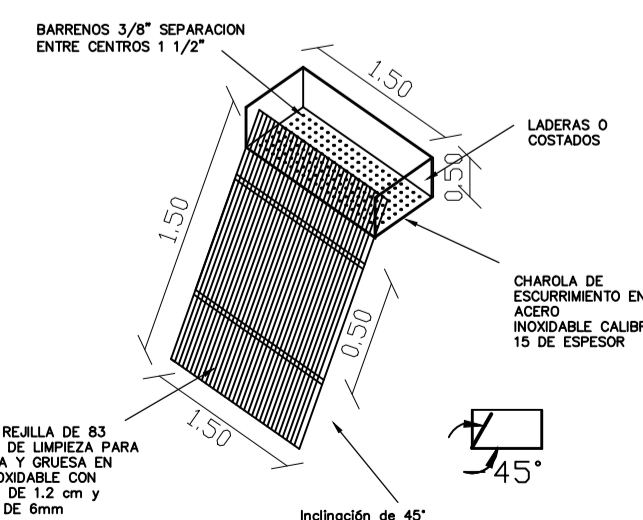
LECHO DE SECADO DE LODOS

ESCALA 1:25

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
ALTURA	1.00	M
ANCHO	4.00	M
LARGO	6.00	M
ESPESOR DE PARED	0.30	M

DIMENSIONES GENERALES

ESCALA S/E



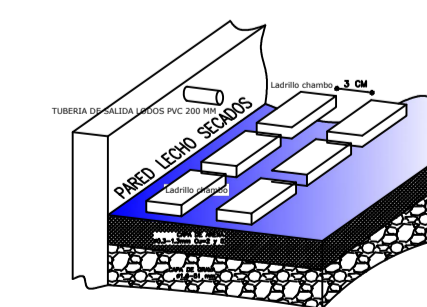
CRIBA

ESCALA 1:25

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
CANTIDAD DE BARROTES	83	U
ABERTURA	1.20	CM
DIÁMETRO	0.60	CM
LARGO	1.50	M
ANCHO	1.50	M
INCLINACIÓN	45°	GRADOS

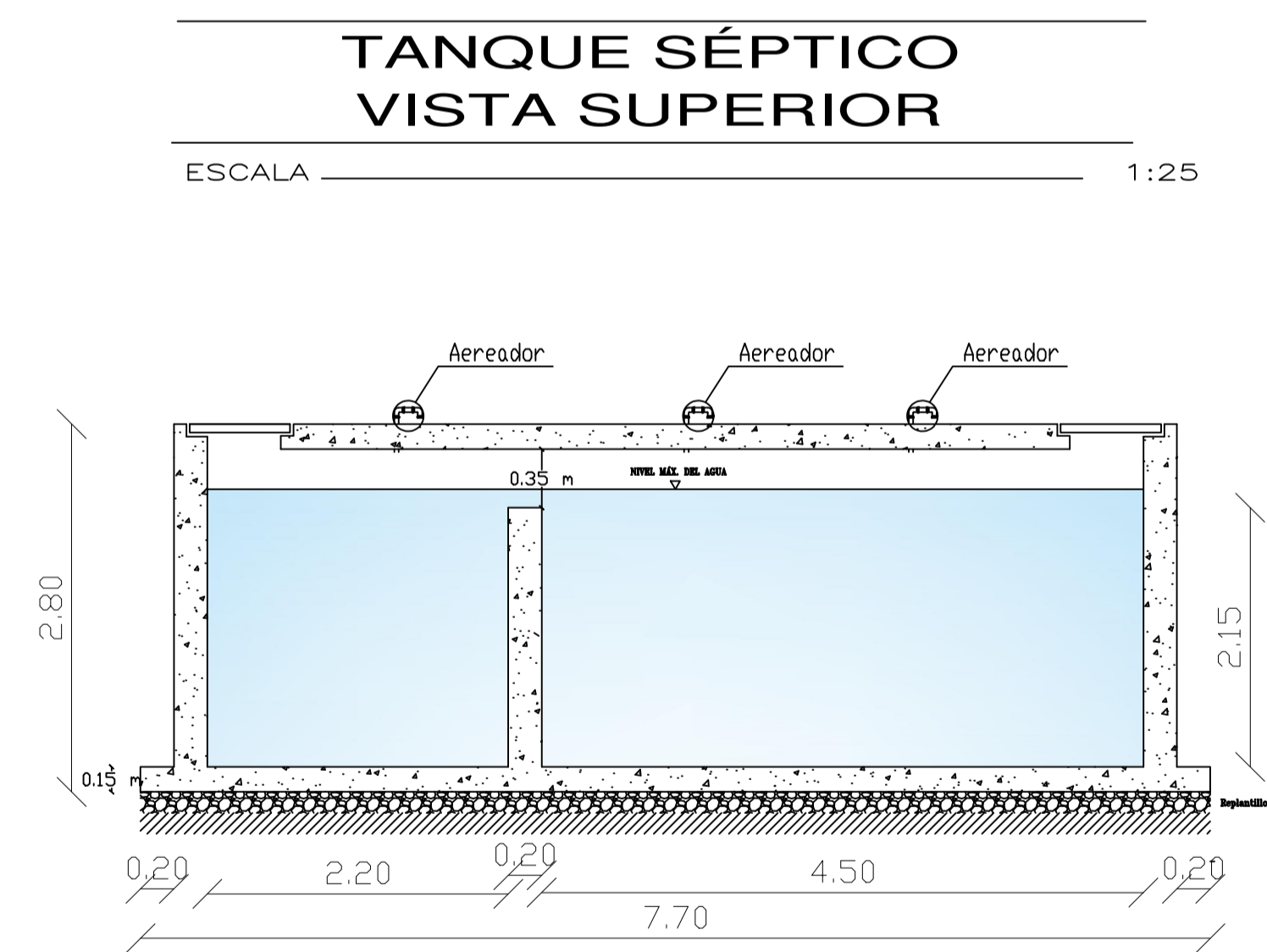
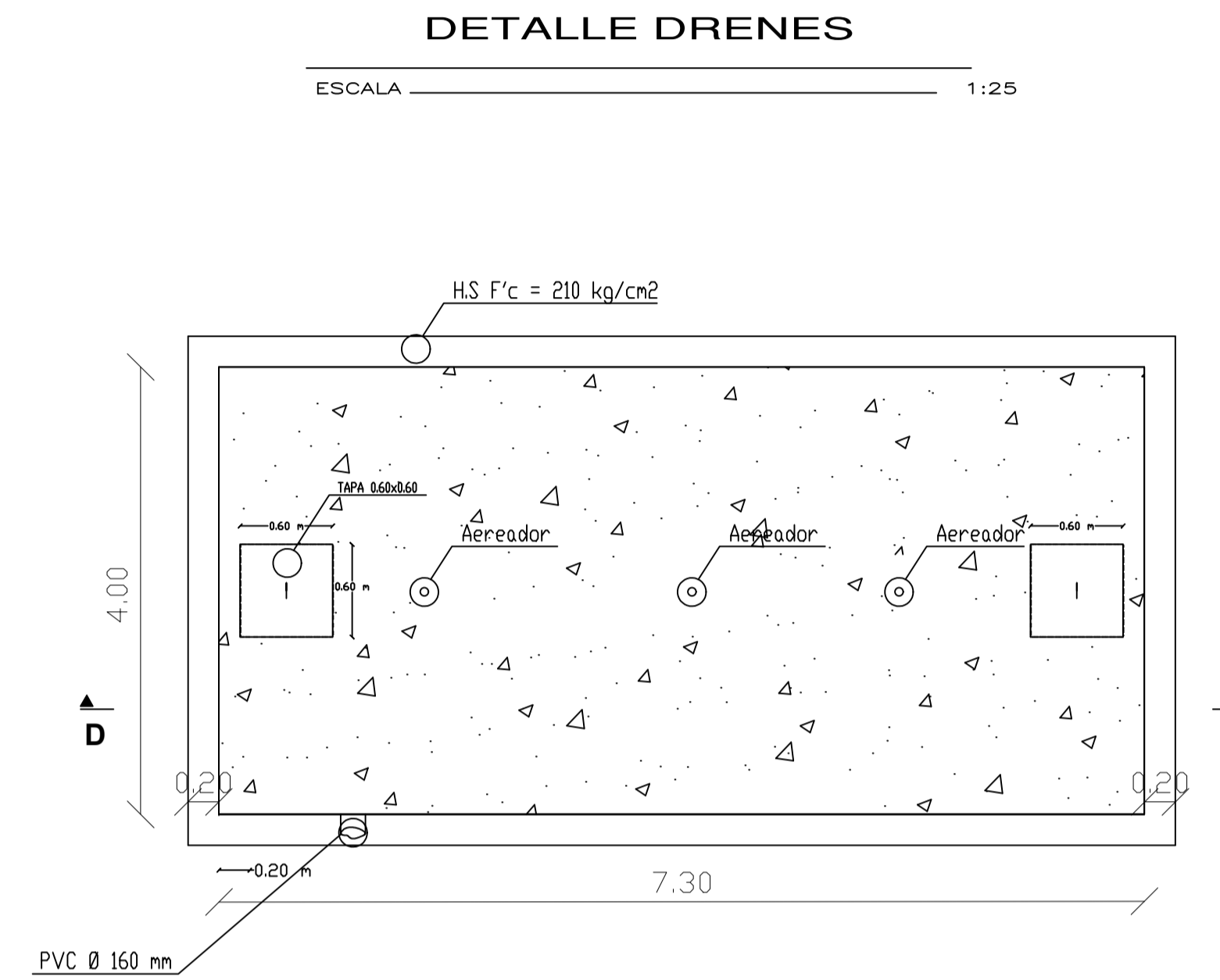
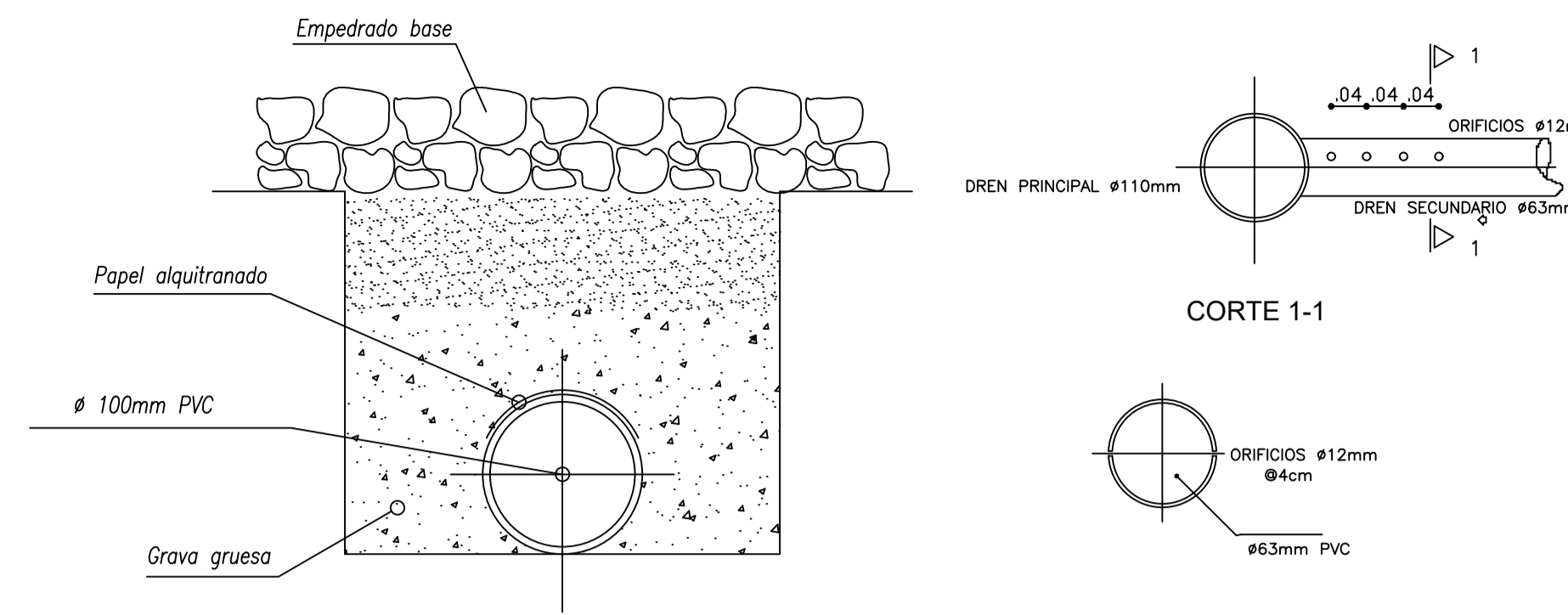
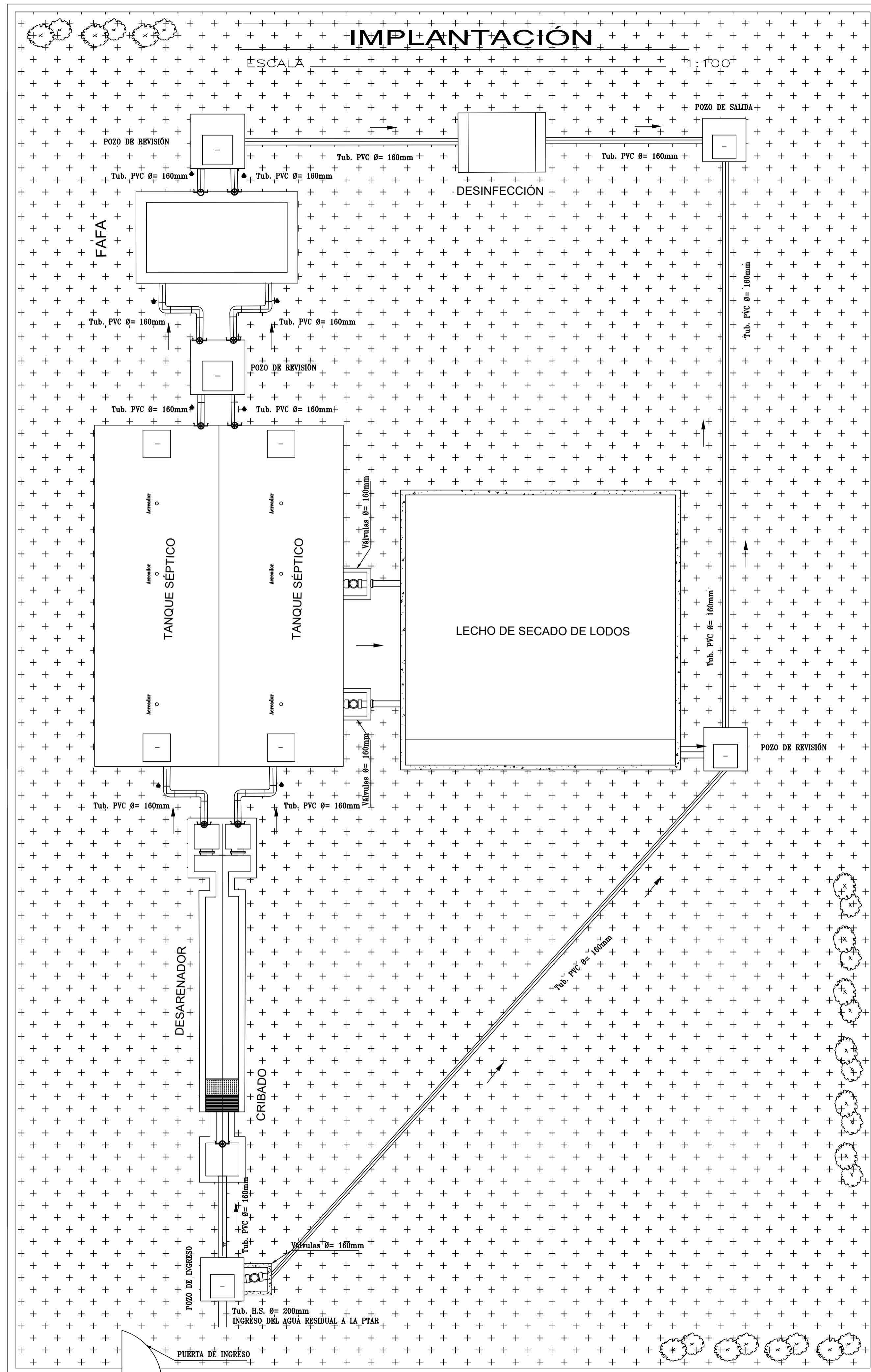
DIMENSIONES GENERALES

ESCALA S/E



ISMÉTRIA LECHO DE SECADO

ESCALA S/E



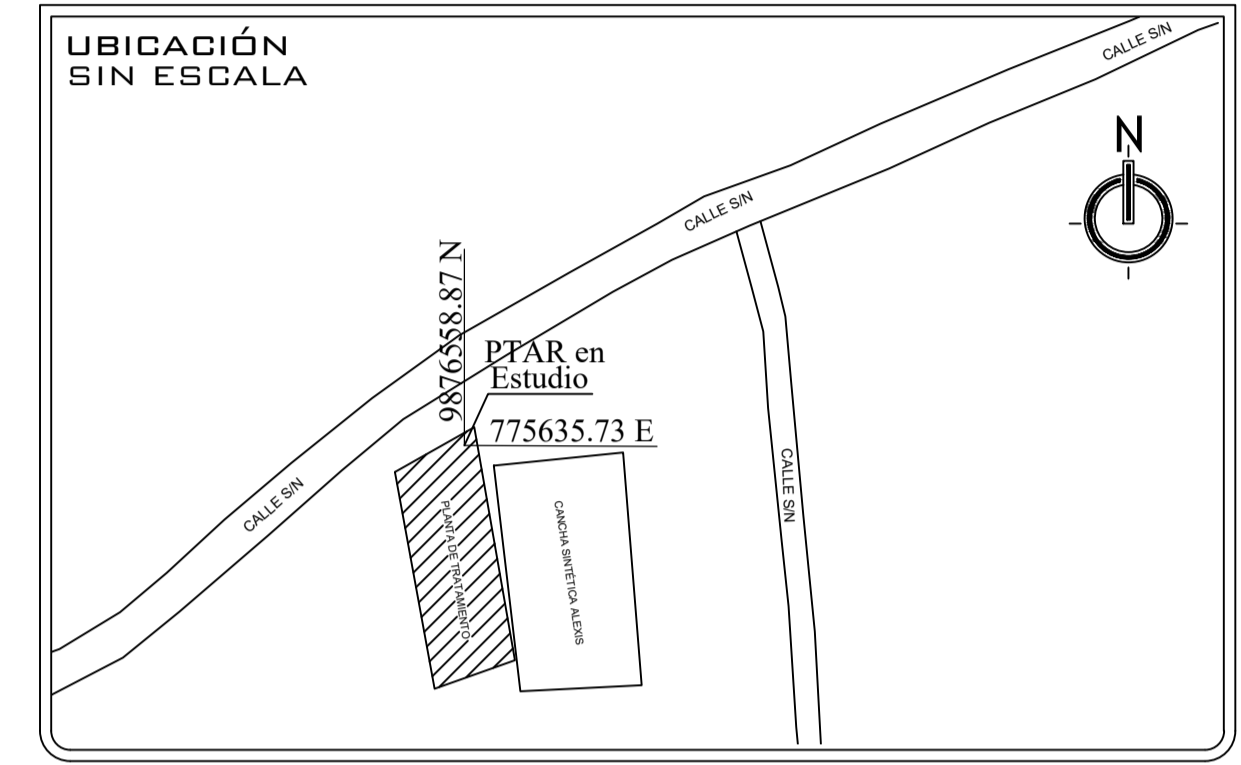
DIMENSIONES GENERALES

ESCALA S/E

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
ALTURA	2.80	M
ANCHO	7.30	M
LARGO	4.00	M
BORDE LIBRE	0.30	M

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



CANTÓN: **PÍLLARO** PARROQUIA: **SAN ANDRÉS**

TEMA:
 "EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PARROQUIA SAN ANDRÉS, CANTÓN PÍLLARO, PROVINCIA TUNGURAHUA"

CONTIENE:
IMPLANTACIÓN - TANQUE SÉPTICO - DRENES

CALIFICADORES:
Mg. GALO WILFRIDO NUÑEZ ALDAS

AUTOR:
KARINA BELÉN TAMAY CHILUIZA

TUTOR:
Mg. GALO WILFRIDO NUÑEZ ALDAS

CLAVE:
ARQ N° 02 DE 2

ESCALA: **INDICADA**

FECHA: **FEBRERO**

OBSERVACIONES: