



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 AGUA POTABLE SANTA RITA DE LA PARROQUIA SAN ANDRÉS DEL CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA”

AUTORA: Eva Doménica Toalombo Pacheco

TUTOR: Ing. Mg. Diego Sebastián Chérrez Gavilanes

AMBATO - ECUADOR

Septiembre – 2023


APROBACION DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor de Trabajo Experimental, previo a la obtención del Título de Ingeniera Civil, con el tema: **“EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE SANTA RITA DE LA PARROQUIA SAN ANDRÉS DEL CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**, elaborado por la Srta. Eva Doménica Toalombo Pacheco, portadora de la cédula de ciudadanía C.I. 1805301312, 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.
- Está concluido en su totalidad.

Ambato, septiembre 2023



Ing. Mg. Diego Sebastián Chérrez Gavilanes

TUTOR

AUTORÍA DE TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Eva Doménica Toalombo Pacheco, con C.I. 1805301312 declaro que todos los contenidos y actividades expuestos en el desarrollo del presente Trabajo Experimental con el tema: **“EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE SANTA RITA DE LA PARROQUIA SAN ANDRÉS DEL CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**, así como también los análisis estadísticos, ideas, criterios, tablas, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autora del proyecto a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, septiembre 2023



.....
Eva Doménica Toalombo Pacheco

C.I. 1805301312

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

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

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

Ambato, septiembre 2023



.....

Eva Doménica Toalombo Pacheco

C.I. 1805301312

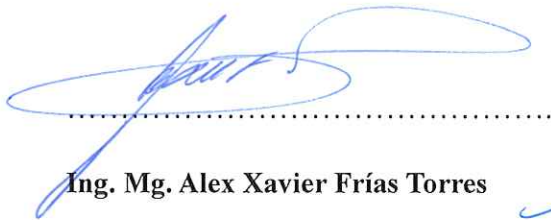
AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Trabajo Experimental, realizado por la estudiante Eva Doménica Toalombo Pacheco, de la Carrera de Ingeniería Civil bajo el tema: **“EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE SANTA RITA DE LA PARROQUIA SAN ANDRÉS DEL CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**.

Ambato, septiembre 2023

Para constancia firman:



.....

Ing. Mg. Alex Xavier Frías Torres

MIEMBRO CALIFICADOR



.....

Ing. Bolívar Eduardo Paredes Beltrán, PhD.

MIEMBRO CALIFICADOR

DEDICATORIA

Quiero dedicar este presente trabajo principalmente a Dios y a la Virgen de la Elevación, por haberme dado la sabiduría necesaria para poder culminar esta etapa.

A los tres amores más grandes de mi vida:

Mi madre María Hortencia, por haber dado todo su esfuerzo para que yo pueda continuar por el mejor camino.

Mis dos angelitos que me cuidan desde el cielo:

Mi padre Chou En Lai, por haberme amado tanto cada día de su vida

Mi tío Iván, por su apoyo incondicional y por ser mi mejor amigo.

AGRADECIMIENTO

Agradezco infinitamente a mis padres por saberme guiar y confiar en mi desde el primer día de mi vida, por estar conmigo en cada paso que doy, por apoyarme incondicionalmente en cualquier situación, por su amor y por haber hecho de mi una mujer de bien.

A mis hermanos, Patricia y Álvaro por ser mis compañeros de vida, por sus consejos y por ser mi ejemplo por seguir.

A mi Lenin, por su paciencia y amor hacia mí.

Al Ingeniero Galo Núñez, por su confianza y apoyo durante esta etapa universitaria.

A la Universidad Técnica de Ambato, especialmente a la FICM, por permitirme culminar mis estudios y ser una profesional.

A mis compañeros y amigos por haberme acompañado durante este proceso.

ÍNDICE	
APROBACION DEL TUTOR	ii
AUTORÍA DE TRABAJO DE TITULACIÓN	iii
DERECHOS DE AUTOR.....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
ÍNDICE	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
RESUMEN EJECUTIVO	xiv
ABSTRACT.....	xv
B. CONTENIDOS	1
CAPÍTULO I.....	1
1. MARCO TEÓRICO	1
1.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	1
1.1.1. Antecedentes	1
1.1.2. Justificación.....	2
1.1.3. Fundamentación teórica	4
1.2. OBJETIVOS.....	21
1.2.3. Objetivo General.....	22
1.2.4. Objetivos Específicos	22
CAPÍTULO II	23
2. METODOLOGÍA	23
2.1. Materiales	23
2.2. Métodos	24

2.2.1. FASE 1: Determinación del número de beneficiarios de la planta de tratamiento de agua potable.....	24
2.2.1.1. Ubicación	24
2.2.1.2. Extensión y Población	25
2.2.1.3. Diagnóstico de las unidades de tratamiento.....	26
2.2.2. FASE 2: Medición de caudales de entrada y de salida de la planta de tratamiento de agua potable.....	30
2.2.2.1. Medición de caudales.....	30
2.2.2.2. Medición de los caudales de ingreso	31
2.2.2.3. Medición de los caudales de salida.....	31
2.2.3. FASE 3: Análisis de laboratorio del influente y efluente de la planta de tratamiento de agua potable.....	32
2.2.3.1. Toma de muestras de agua cruda y tratada	33
2.2.4. FASE 4: Análisis y verificación de funcionamiento de la PATP Santa Rita. 33	
2.2.4.1. Descripción de la infraestructura existente	33
2.2.4.2. Dimensiones actuales de la PTAP	34
2.2.4.2.1. Mezcla rápida.....	34
2.2.4.2.2. Floculación.....	35
2.2.4.2.3. Sedimentador	36
2.2.4.2.4. Filtro.....	37
2.2.4.3. Normas empleadas en el diagnóstico teórico de la Planta de tratamiento	38
2.2.4.4. Diagnóstico teórico de funcionamiento de la Planta de tratamiento	39
2.2.4.4.1. Cálculos para el diseño	39
2.2.4.4.2. Diagnóstico del desarenador	42
2.2.4.4.3. Diagnóstico del funcionamiento de la mezcla rápida	42
2.2.4.4.4. Diagnóstico del floculador.....	44

2.2.4.4.5. Diagnóstico del funcionamiento del sedimentador.....	46
2.2.4.4.6. Diagnóstico del funcionamiento de los filtros	50
2.2.4.4.7. Diagnóstico del proceso de desinfección.....	52
2.2.5. FASE 5: Propuesta de mejora de la PTAP Santa Rita.	53
CAPÍTULO III.....	61
3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	61
3.1. Resultados del análisis de calidad de agua.....	62
3.2. Comparación de resultados de análisis de calidad de agua con los criterios establecidos por el TULSMA Y NTE INEN 1108	65
CAPITULO IV.....	70
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	70
4.1 Conclusiones	70
4.2 Recomendaciones	71
C. MATERIALES DE REFERENCIA	72
BIBLIOGRAFÍA	72
ANEXOS	75
ANEXO 1.- FOTOGRAFÍAS.....	75
ANEXO 2.- DOCUMENTOS	78
ANEXO 3.- PLANOS	82

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cámara de llegada.....	26
Figura 2. Mezcla rápida.....	27
Figura 3. Floculación	28
Figura 4. Sedimentador	28
Figura 5. Filtración.....	29
Figura 6. Desinfección	29
Figura 7. Diagrama de los procesos unitarios de la PTAP.	33
Figura 8. Mezcla rápida – Vista en planta.....	34
Figura 9. Mezcla rápida – Corte A-A.....	34
Figura 10. Floculación –Vista en planta.....	35
Figura 11. Floculación – Corte B-B.....	35
Figura 12. Sedimentador – Vista en planta	36
Figura 13. Sedimentador - Corte.....	36
Figura 14. Filtros – Vista en planta	37
Figura 15. Filtros – Corte.....	37
Figura 16. Cantidad de cloro	53
Figura 17. Diagrama de tratamiento propuesto.....	54
Figura 18. Abaco	59

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Dotación de agua potable	9
Tabla 2. Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren tratamiento convencional	13
Tabla 3. Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren desinfección.....	16
Tabla 4. Límites máximos permisibles del agua potable	18
Tabla 5. Materiales	23
Tabla 6. Equipos.....	23
Tabla 7. Equipo de protección.....	24
Tabla 8. Habidad y vivienda	26
Tabla 9. Caudales de Ingreso	31
Tabla 10. Caudales de salida	32
Tabla 15. Método estadístico.....	39
Tabla 16. Datos censales de las tres parroquias beneficiadas	40
Tabla 17. Datos censales de los beneficiarios	41
Tabla 18. Dosis óptima de sulfato de aluminio según la Turbiedad para la PTAP	42
Tabla 19. Coeficiente por tipo de placa.....	46
Tabla 20. Comparación de las dimensiones actuales y de las calculadas teóricamente del sedimentador	49
Tabla 21. Granulometría de un filtro grueso dinámico	51
Tabla 22. Granulometría de un filtro grueso ascendente en capas o en serie.....	51
Tabla 23. Lechos filtrantes y tasas de filtración.....	52
Tabla 24. Comparación de medidas actuales y teóricas del filtro	52
Tabla 25. Estado actual de tratamiento	54
Tabla 26. Número de Hazen.....	56
Tabla 27. Medidas calculadas teóricamente del desarenador.....	60

Tabla 11. Resultados del análisis de laboratorio de la muestra de agua de ingreso a la PTAP	62
Tabla 12. Resultados del análisis de laboratorio de la muestra de agua de salida a la PTAP	64
Tabla 13. Comparación de los resultados obtenidos de la muestra de ingreso y los límites máximos permisibles según el TULSMA y la NTE INEN 1108	66
Tabla 14. Comparación de los resultados obtenidos de la muestra de salida y los límites máximos permisibles según el TULSMA y la NTE INEN 1108	67
Tabla 28. Porcentaje de remoción del tratamiento actual de la PTAP Santa Rita.	68

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo experimental, se enfoca en la evaluación de la planta de tratamiento de agua potable Santa Rita, en el que se utilizó lineamientos teóricos, objetivos, justificativos y normativas vigentes. Este servicio beneficia a tres sectores, por lo que es la planta más grande del cantón.

En primer lugar, se levantó información: la ubicación, visitas de campo y se recabó datos de informes generados en el GAD de Pillaro, además un diagnóstico del estado operacional de las unidades de tratamiento; se llevó a cabo la medición de los caudales del afluente y efluente durante siete días consecutivos; se realizaron análisis de las propiedades físico, químicas y biológicas del agua de ingreso y salida, para estos análisis todas las muestras recolectadas de agua se las realizaron siguiendo la normativa NTE INEN 2 176:1998, y para el traslado hacía los laboratorios se utilizó la normativa NTE INEN 2 169:1998, en un laboratorio calificado.

Con los resultados obtenidos por el análisis de aguas, se procede a comparar con los lineamientos establecidos en las normativas TULSMA y en la normativa INEN 1108; y, también con un análisis técnico sobre las dimensiones de acuerdo con los parámetros normados, finalmente, se plantean alternativas viables, que generen una solución al sistema potabilizador, como lo son un tanque desarenador y la dosificación de material coagulante que es el sulfato de aluminio y así como la dosificación del cloro-gas.

Esta evaluación tiene como fin precautelar la salud de las personas que reciben el servicio, mitigando cualquier enfermedad y que la dotación sea la adecuada.

Palabras clave: Agua Potable, Planta de Tratamiento, PTAP, TULSMA, INEN 1108, DBO, DQO.

ABSTRACT

The present experimental work focuses on the evaluation of the Santa Rita drinking water treatment plant, in which theoretical guidelines, objectives, justifications and current regulations were used. This service benefits three sectors, making it the largest plant in the canton.

In the first place, information was collected: the location, field visits and data from reports generated in the Pillaro GAD was collected, as well as a diagnosis of the operational status of the treatment units; the measurement of the influent and effluent flows was carried out during seven consecutive days; Analyzes of the physical, chemical and biological properties of the inlet and outlet water were carried out, for these analyzes all the collected water samples were carried out following the NTE INEN 2 176:1998 regulations, and for the transfer to the laboratories the regulation NTE INEN 2 169:1998, in a qualified laboratory.

With the results obtained by the water analysis, we proceed to compare with the guidelines established in the TULSMA regulations and in the INEN 1108 regulations; and, also with a technical analysis on the dimensions in accordance with the regulated parameters, finally, viable alternatives are proposed, which generate a solution to the water treatment system, such as a sand removal tank and the dosage of coagulant material that is aluminum sulfate. and as well as the chlorine-gas dosage.

The purpose of this evaluation is to protect the health of the people who receive the service, mitigating any disease and ensuring that the staffing is adequate.

Keywords: Drinking Water, Treatment Plant, PTAP, TULSMA, INEN 1108, DBO, DQO.

B. CONTENIDOS

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

1.1.1. Antecedentes

El agua es la sustancia más extraordinaria. El 71% de la superficie de nuestro planeta está cubierto por ella; millones de toneladas, en forma de vapor, flotan en la atmósfera y sin embargo grandes regiones terrestres carecen de ella. Los seres vivos moran inmersos en el agua o en el aire. En su interior son, en gran medida, agua: en el agua se originó la vida y de ella sigue dependiendo.

El agua existe en nuestro mundo en tres formas: sólida, líquida y gaseosa. Un elemento tan importante para la vida merece un nombre para cada presentación: el sólido es el “hielo”; el líquido es “agua”, así, nada más; y el gas es “vapor”, aunque las tres formas son químicamente la misma cosa. [1]

El cuidado del agua se ha convertido en la prioridad de las nuevas generaciones, con el fin de mantener una calidad de vida adecuado. Por lo que se la trata para mejorar sus propiedades y esta pueda ser consumida.

Hace 7000 años en Jericó, el agua fue almacenada, transportada y distribuida mediante canales sencillos. Los Romanos fueron los mayores arquitectos en las redes de distribución ya que utilizaban el agua subterránea y ríos, además construyeron presas y el tratamiento por aireación se utilizaba como el método de purificación. [2]

El primer sistema de suministro de agua potable fue en Escocia en el año 1804, transportando agua filtrada. El agua sedimentada durante doce horas antes de su filtración de seis horas con filtros de arena y carbón. [2]

Las técnicas de tratamiento de agua se han desarrollado extensamente y su desinfección ha reducido el número de enfermedades transmitidas por el mismo. Aunque las aguas sean naturales requieren algún grado de tratamiento aceptable para que pueda alcanzar los estándares permisibles.

En Ecuador, el 70% de la población cuenta con agua segura, mientras el resto no lo tiene y esta expuesta a agua con contaminación fecal. [3]

Igualmente, la falta de servicio de agua potable, saneamiento e higiene en las escuelas repercute en la calidad educativa, desarrollo cognitivo y asistencia escolar de los niños, causando diarreas agudas que es la segunda causa de muerte ya que el principal es la desnutrición crónica, [3]

La gestión inadecuada de las aguas residuales urbanas, industriales y agrícolas conlleva que el agua que beben cientos de millones de personas se vea peligrosamente contaminada biológica o químicamente. Para la salud también puede ser determinante la presencia natural de productos químicos, como el arsénico y el fluoruro, particularmente en aguas subterráneas. Además, en el agua para consumo humano pueden aparecer otros productos químicos, como el plomo, en cantidades elevadas como resultado de la lixiviación de componentes relacionados con el suministro de agua. [4]

El agua salubre y fácilmente accesible es importante para la salud pública, tanto si se utiliza para beber, para uso doméstico, para producir alimentos o para fines recreativos. La mejora del abastecimiento de agua, del saneamiento y de la gestión de los recursos hídricos puede impulsar el crecimiento económico de los países y contribuir en gran medida a la reducción de la pobreza. [4]

1.1.2. Justificación

El crecimiento de la población ha aumentado durante los últimos años, así como también ha incrementado el consumo de agua, ya que se considera un elemento esencial para los seres vivos.

El agua que se encuentra en la Tierra, es poco apta para el consumo humano pues el 97,5% es agua salada, por lo que se dispone solo en 2.5% de agua dulce, casi toda ella congelada en las profundidades de la Antártida y Groenlandia [5]

El agua es vital para el consumo humano, los servicios sanitarios, la agricultura, la industria y otra infinidad de usos. Sin embargo, parte de la población global tiene un

acceso limitado a este recurso debido a la mala distribución y mal manejo que se le da, por ejemplo, a escala mundial la utilización del agua se destina la mayor parte a las industrias y agricultura, siendo la agricultura responsable del 70% de las extracciones de agua dulce y de más del 90% de su uso consuntivo [5]

Es importante que el agua sea potabilizada para el consumo humano, La calidad del agua comprendida como agua segura para el consumo humano tiene algunas características a nivel microbiológico y químico que se encuentran estipuladas en la Guía para la calidad del agua potable. Para el monitoreo de los indicadores de los ODS en Ecuador, la medida se enfocará en que el agua esté libre de contaminación fecal. [6]

El Ecuador es uno de los países en donde la contaminación del agua representa un porcentaje elevado de problemas de salud, esto debido a que se utilizan fuentes de manantiales que no cumplen con límites máximos permisibles para su consumo. En el caso de brindar el servicio público se cuenta con agua que cambia constantemente entre las zonas rurales y urbanas, esto quiere decir que muchas veces el desconocimiento de su calidad en el área rural es un problema sustancial. Las autoridades encargadas de compartir este servicio, por desconocimiento, no le brindan el tratamiento necesario y tampoco se ha tomado en cuenta la importancia de una planta potabilizadora, como respuesta a esto se tiene como dato lo siguiente: población que hierven el agua 29%, agua directa de manantiales 39%, reciben agua potabilizada 46% y no siempre se recibe de buena calidad, Ninguno 32% [7]

Según la Constitución de la Republica del Ecuador de 2008, en su artículo 318 determina que se prohíbe cualquier forma de privatización del agua, además de garantizar el derecho humano al agua de manera fundamental e irrenunciable; se estipula al agua como dominio público, inalienable e imprescindible del estado. [8]

Por ello es necesario realizar un tratamiento óptimo del agua antes del consumo; las plantas de potabilización son sistemas que tratan al agua cruda para obtener agua de alta calidad y libre de impurezas. Adicionalmente, estas infraestructuras permiten abastecer el agua de forma segura y permanente a la población a largo plazo.

En la planta de tratamiento de agua potable Santa Rita, se deben evaluar los procesos con el fin de mejorar el control y operación de esta. El agua que es captada para esta

planta de tratamiento proviene de vertientes naturales, que son formaciones geológicas donde el agua subterránea aflora en forma natural creando esteros y ríos. Así se garantizará el derecho a la calidad de agua que tienen todos los habitantes.

1.1.3. Fundamentación teórica

1.1.3.1.El agua

El 71% de la población mundial tenía instalaciones básicas para lavarse las manos con agua y jabón en casa.

En general los usos del agua se dividen en consuntivo y no consuntivo. El primero, es aquel en el que el agua no regresa a la corriente superficial o subterránea inmediatamente después de ser usada, es decir que se ha evaporado o transpirado, ha sido incorporada a los productos o cosechas, utilizada para el consumo humano o del ganado, o retirada de otra forma del ambiente acuático inmediato. Mientras que el uso no consuntivo es aquel que utiliza el agua y la regresa al entorno inmediatamente después de ser usada, aunque lo haga a veces con cambios en sus características físicas, químicas o biológicas. [9]

En el Ecuador, los usos consuntivos como el riego, el uso doméstico y el industrial suman la cantidad de 22.500 hm³/año, de los cuales, según la CNRH el 81,1% lo absorbe el riego, mientras que el uso doméstico es de 12,3%, el industrial de 6,3% y a otros usos corresponde el 0,3%. [9]

Por otra parte, el principal uso no consuntivo del agua en el Ecuador es el que se hace para la generación de energía hidroeléctrica, la cual es la principal fuente de electricidad en el país (45,5%) seguida por la generación térmica (43,11%) y la importada (11,38%). [9]

1.1.3.2.Parámetros de calidad

Turbidez: es un parámetro que indica la presencia de sólidos, especialmente coloidales, generalmente utilizados para aguas naturales. Se mide la extensión con la que un rayo de luz es reflejado en su paso por el agua en un ángulo de 90 grados; este tipo de reflexión se debe al efecto Tyndall mismo que caracteriza a los sistemas coloidales.

Color: la presencia de color puede deberse a sustancias extrañas como puede ser partículas en suspensión o a sustancias disueltas. Se determina por medio de espectrofotometría, analizando el color de la luz que atraviesa una muestra de agua filtrada, con el fin de determinar el color verdadero.

Temperatura: afecta la solubilidad de los gases que se encuentran disueltos en el agua; la temperatura del agua está directamente afectada por la variación de la temperatura del medio ambiente.

Conductividad: es la capacidad que tiene el agua para poder conducir la electricidad, esto debido a las sales que se encuentran presentes en la misma. La conductividad es afectada por los tipos de terrenos que atraviesa el agua en su paso y por la presencia o no de vertidos de aguas residuales; ya que los iones presentes en el agua no son eliminados por los procesos de depuración.

Concentración de iones de hidrógeno (pH): es el equilibrio de sustancias químicas que pueden encontrarse en diferentes formas de acuerdo con la acidez. El pH de las aguas naturales según estudios realizados debe encontrarse entre 6 y 9.

Dureza: es la suma de todos los cationes multivalentes presentes en el agua, entre ellos encontramos al calcio y magnesio, este valor puede calcularse como la suma de los elementos antes mencionados.

Oxígeno disuelto: este es el indicador más utilizado para el medio fluvial, ya que participa en la mayoría de los procesos presentes en el medio acuático, además de encontrarse presente en la oxidación y respiración de organismos presentes en este hábitat. Se determina por el método de Winkler, mismo que en su proceso involucra la precipitación del oxígeno como óxido de manganeso [10]

1.1.3.3.Sistemas de abastecimiento de agua potable

Sistemas Convencionales

Estos sistemas son aquellos que toman el agua cruda de ríos y/o pozos subterráneos, el agua entra a un proceso de tratamiento, se almacena y el agua potabilizada se distribuye mediante un sistema de red de tuberías a cada uno de los hogares. Los sistemas convencionales pueden encontrarse por gravedad o por bombeo. En el caso de gravedad, son aquellos en que el agua llega a los hogares directamente sin o con tratamiento previo. Estos sistemas requieren un mínimo de inversión y bajo costos en mantenimiento, bajo costo en energía debido a que se aprovecha la caída por gravedad. Normalmente sirve para bajas poblaciones. Los sistemas de gravedad por bombeo, son aquellos que toman el agua cruda de un río, tiene los tanques de abastecimiento, etapa de floculación, etapa de sedimentación, filtrado, tanque de almacenamiento y distribución de agua potable a los habitantes. Estos sistemas normalmente sirven para grandes poblaciones. Los 24 costos de inversión son las grandes, tiene altos costos de mantenimiento y consumo de energía. De igual forma, estos sistemas pueden ser con tratamiento o sin tratamiento químico al agua. [11]

Sistemas No Convencionales

Estos sistemas no tienen una de red de distribución. Son sistemas individuales. El agua que obtienen los habitantes es por medio de transporte, tanqueros, por medio de barril arreados por mular. La desinfección la realizan en los tanques de los domicilios. Estos sistemas se aplican en pueblos con pocos habitantes [11]

1.1.3.4. Componentes del sistema de abastecimiento de agua potable

Gastos de diseño

Antes de conocer el cálculo de gasto de diseño, primeramente, se deberá definir lo que son los coeficientes de variación [11]

Coefficiente de Variación

Los consumos de agua no son constantes durante el día, ni durante todo el año, por el cual es necesario obtener los consumos máximos diario y máximos horarios. Para hacer el cálculo es necesario utilizar los Coeficientes de Variación diaria y horaria respectivamente. [11]

Gasto Medio Diario (Qmd)

Es el agua que un usuario o población necesita en un día promedio, el cálculo es el siguiente:

$$Q_{md} = \frac{P_f * D_f}{86400} \text{ (L/s)}$$

Donde:

Q_{md} = Gasto medio diario

P_f = Población futura

D_f = Dotación media futura

Gasto Máximo Diario (Q_{md})

Este caudal es necesario para calcular el máximo consumo de agua en un día. Para esto se toma como base al caudal medio diario

$$Q_{md} = C_{vd} * Q_{md} \text{ (L/s)}$$

Gasto Máximo Horario (Q_{mh})

Así como también el máximo consumo de agua en una determinada hora. [12]

$$Q_{mh} = C_{vh} * Q_{md}$$

Selección del tipo de tratamiento y distribución

Existen varios condicionantes que permiten la selección del tipo de tratamiento de agua y su distribución:

- Tasa de crecimiento de la población.
- Vida útil de la planta de tratamiento.
- Dificultad o factibilidad para realizar ampliaciones de área.
- Comportamiento del sistema durante los primeros años de concluida la construcción.

Vida útil de la planta de tratamiento de agua potable

Varía de 30 a 40 años

Criterios de referencia

Nuevo Sistema ----- 20 – 30 años

Ampliaciones ----- 15 – 20 años

Obras de emergencia ----- 5 – 10 años

Factores que afectan el consumo

- Manejo del sistema.
- Condiciones de vida.
- Costo al uso del agua.
- Carencia o existencia de canalización.
- Conexiones industriales.
- Sistema para medir el consumo de agua.
- Clima.
- Presión existente de agua para la red.
- Facilidades de vivienda.

Dotación de Agua Potable

La dotación se toma en cuenta según su uso, estas pueden ser:

- Consumo industrial.
- Consumo público.
- Consumo doméstico.
- Pérdidas y desperdicios.

Variaciones de consumo

Las variaciones horarias y diarias que existen en consumo se tomarán con relación al consumo medio anual.

Coefficientes de mayoración

Consumo Máximo Diario: 1.3 – 1.5 consumo medio futuro.

Consumo Máximo Horario: 2.0 – 2.3 consumo medio futuro.

Caudales de Diseño para Diferentes Partes del Sistema

Captación de aguas superficiales – consumo máximo diario +20%

Captación de aguas subterráneas – consumo máximo diario +5%

Conducciones de aguas superficiales – consumo máximo diario +10%

Conducciones de aguas subterráneas – consumo máximo diario +5%

Red de distribución – consumo máximo diario +incendio

Planta de potabilización – consumo máximo diario +10%

Caudales para la dotación de agua potable

Tabla 1. Dotación de agua potable

Población (habitantes)	Clima	Dotación Media Futura
Hasta 5,000	Frío	120-150
	Templado	130-160
	Cálido	170-200
5,000 a 50,000	Frío	180-200
	Templado	190-220
	Cálido	200-230
Más de 50,000	Frío	>200
	Templado	>220
	Cálido	>230

Fuente: CPE INEN 005-9 [13]

Volumen de Regulación

En poblaciones menores a 5000 habitantes el 30% del consumo medio diario futuro.

En poblaciones mayores a 5000 habitantes el 25% del consumo medio diario.

Volumen de Incendios

En poblaciones de hasta 20000 habitantes futuros, se aplicará la siguiente ecuación: V_i

$$= 50\sqrt{p}$$

V_i = Volumen contra incendios en m³

p = Población futura en miles

Para poblaciones de más de 20000 habitantes futuros, se aplicará la siguiente ecuación:

$$Vi = 100\sqrt{p}$$

Para poblaciones de 3000 habitantes futuros en la costa y 5000 habitantes en la sierra, no se considera almacenamiento para incendios.

Volumen de Emergencia

Para poblaciones mayores a 5000 habitantes el 25% de regulación.

Volumen de regulación + volumen de incendios + volumen de planta de tratamiento
[14]

1.1.3.5. Partes que confirman una planta de tratamiento de agua potable

Captación

Es el primer paso en un proceso de potabilización, se realiza por medio de tomas de agua que se hacen en los ríos, diques o napas subterráneas. El agua procedente de ríos está mucho más expuesta a la contaminación, puesto que tiene contacto directo con materias y microorganismos, por ello este tipo de fluidos necesitan un proceso más complejo para su tratamiento. La turbiedad, el contenido mineral y el grado de contaminación varían según la época del año y clima de la región. La captación de aguas subterráneas se realiza mediante pozos de bombeo o perforaciones [15]

Conducción

Desde la captación hasta la planta potabilizadora, el agua se conduce por medio de acueductos o canales abiertos [15]

Desarenador

Esta unidad operacional tiene por objeto extraer del agua en proceso, la grava, arena y partículas minerales de grosor mayor a 0.2mm con el objetivo de evitar que se produzcan taponamientos por sedimentos en los canales y conducciones [15]

Coagulación

La coagulación tiene como objetivo principal eliminar las sustancias coloidales para que puedan ser sedimentadas fácilmente. Esta operación es posible gracias a la adición

de productos químicos como son: sulfato de aluminio líquido o granulado y policloruro de aluminio. Para corregir el pH se usa cal o hidróxido de sodio. [15]

Floculación

El método de la floculación permite separar partículas muy finas coloidales que están presentes constantemente en el agua, el mismo que consiste en añadir aditivos químicos en el agua con la finalidad de obtener sedimentos fácilmente, así como también la rapidez de la sedimentación. Este proceso trata de unir los flóculos que se forman y así aumentar el peso, tamaño y forma para que de esta manera puedan decantarse, este proceso puede ser estudiado en laboratorios mediante la prueba de jarras.

Para que exista una correcta floculación depende mucho del tipo de coagulante que se utilice, el pH presente en el agua y el tiempo con que se agite la mezcla con el agua. Los coagulantes más utilizados son el cloruro férrico y la alúmina, debido a su costo y demanda en el mercado, además que los beneficios obtenidos han sido muy favorables en el uso de aguas residuales, además que existen varios ensayos con estas soluciones químicas. El agua al pasar por este proceso perderá un poco la turbidez y se observará con facilidad los sólidos flotando o hundiéndose respectivamente [16]

Sedimentación

En el proceso de sedimentación las partículas por fuerza de la gravedad se dirigen al fondo de un tanque llamado sedimentador, para luego ser extraídas por una caída de diferentes formas que se encuentra en la parte inferior. La partícula se depositará más rápido si su densidad es más grande. La sedimentación nos ayuda a la eliminación de turbiedad en el agua, así como también de su color, a la eliminación de virus, organismos patógenos y bacterias acumuladas, mejorará el sabor y olor.

Las plantas de tratamiento de agua potable están destinadas a brindar excelencia en su producto, para ello mientras más rápida sea la velocidad de sedimentación se prestará un servicio más eficiente, la calidad del agua que se distribuya dependerá de los tipos de sedimentadores y floculadores que se use [17]

Filtración

El proceso de filtración consiste en el paso de agua mientras se retienen partículas coloidales y suspendidas a través de un medio poroso, se considera a la filtración como la última etapa de potabilización ya que al pasar el agua por esta fase se considera que ya está libre de cualquier virus o bacteria, cumpliendo así con los estándares de potabilidad dictados por normas.

La filtración contiene dos mecanismos importantes como son la adherencia y a su vez el transporte que al complementarse cumplen con la función de transportar las partículas por remover a la superficie de los filtros, y mantenerlas adheridas por un estimado tiempo. Para evitar problemas de atascamiento es importante elegir la dimensión del lecho filtrante para así mantener las partículas en su interior y no en la superficie. Si el uso de filtros es dentro de un tanque cerrado, es importante realizar periódicamente los autolavados para evitar la acumulación de sólidos en los filtros y la descomposición del material.

Purificación con carbón activo

Una vez que el agua ha sido filtrada tiene como siguiente proceso el paso por el carbón activo, al ser absorbida por este permitirá la desaparición de lo que queda de materia orgánica, además que mejora su aspecto, color, olor y sabor.

El carbón activado se construye a partir de un análisis de agua, así como también para su uso y definiendo cuantos litros por minuto necesitamos, el tamaño del carbón influye en la potabilización ya que cada tipo de carbón tiene distintas funciones dependiendo el tipo de contaminantes que estén presentes en el agua, mientras mejor sea el carbón activado la calidad del agua también lo será.

Desinfección

La etapa de potabilización concluye con la desinfección, esta puede ser física, química o radioactiva. En algunas plantas es el único proceso que se realiza [18]

1.1.3.6. Criterios de calidad de fuentes de agua para consumo humano y doméstico

Según el TULSMA 2017, el agua que es apta para el consumo humano, proviene superficial o subterráneamente, pero debe ser tratada, y está dirigida a actividades

diarias como higiene personal, comida, bebida, limpieza y necesidades domésticas. [19]

En las tablas que son del TULSMA 2017, el agua para el consumo humano debe cumplir con los siguientes parámetros.

Tabla 2. Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieran tratamiento convencional

Parámetros	Expresado Como	Unidad	Límite Máximo Permisible
Aceites y Grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Aluminio	Al	mg/l	0,2
Amoniaco	N-Amoniacal	mg/l	1,0
Amonio	NH ₄	mg/l	0,05
Arsénico (total)	As	mg/l	0,05
Bario	Ba	mg/l	1,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,01
Cianuro (total)	CN-	mg/l	0,1
Cloruro	Cl	mg/l	250
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Coliformes Totales	nmp/100 ml		3 000
Coliformes Fecales	nmp/100 ml		600
Color	color real	unidades de color	100
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,002
Cromo hexavalente	Cr ⁶	mg/l	0,05
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	2,0
Dureza	CaCO ₃	mg/l	500
Bifenilo policlorados/PCBs	Concentración de PCBs totales	µg/l	0,0005
Fluoruro (total)	F	mg/l	1,5

Parámetros	Expresado Como	Unidad	Límite Máximo Permissible
Hierro (total)	Fe	mg/l	1
Manganeso (total)	Mn	mg/l	0,1
Materia flotante			Ausencia
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,001
Nitrato	N-Nitrato	mg/l	10,0
Nitrito	N-Nitrito	mg/l	1,0
Olor y sabor			Es permitido olor y sabor removible por tratamiento convencional
Oxígeno disuelto	O.D.	mg/l	No menor al 80% del oxígeno de saturación y no menor a 6mg/l
Plata (total)	Ag	mg/l	0,05
Plomo (total)	Pb	mg/l	0,05
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Selenio (total)	Se	mg/l	0,01
Sodio	Na	mg/l	200
Sólidos disueltos totales		mg/l	1 000
Sulfatos	SO ₄ -	mg/l	400
Temperatura		°C	Condición Natural + o - 3 grados
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Turbiedad		UTN	100
Zinc	Zn	mg/l	5,0
*Productos para la desinfección		mg/l	0,1

Parámetros	Expresado Como	Unidad	Límite Máximo Permisible
Hidrocarburos Aromáticos			
Benceno	C ₆ H ₆	µg/l	10,0
Benzo(a) pireno		µg/l	0,01
Etilbenceno		µg/l	700
Estireno		µg/l	100
Tolueno		µg/l	1 000
Xilenos (totales)		µg/l	10 000
Pesticidas y herbicidas			
Carbamatos totales	Concentración de carbamatos totales	mg/l	0,1
Organoclorados totales	Concentración de organoclorados totales	mg/l	0,01
Organofosforados totales	Concentración de organofosforados totales	mg/l	0,1
Dibromocloropropano (DBCP)	Concentración total de DBCP	µg/l	0,2
Dibromoetileno (DBE)	Concentración total de DBE	µg/l	0,05
Dicloropropano (1,2)	Concentración total de dicloropropano	µg/l	5
Diquat		µg/l	70
Glifosato		µg/l	200
Toxafeno		µg/l	5
Compuestos Halogenados			
Tetracloruro de carbono		µg/l	3
Dicloroetano (1,2-)		µg/l	10

Parámetros	Expresado Como	Unidad	Límite Máximo Permissible
Dicloroetileno (1,1-)		µg/l	0,3
Dicloroetileno (1,2-cis)		µg/l	70
Dicloroetileno (1,2-trans)		µg/l	100
Diclorometano		µg/l	50
Tetracloroetileno		µg/l	10
Tricloroetano (1,1,1-)		µg/l	200
Tricloroetileno		µg/l	30
Clorobenceno		µg/l	100
Diclorobenceno (1,2-)		µg/l	200
Diclorobenceno (1,4-)		µg/l	5
Hexaclorobenceno		µg/l	0,01
Bromoximil		µg/l	5
Diclorometano		µg/l	50
Tribrometano		µg/l	2

Fuente: TULSMA 2017 [19]

Tabla 3. Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren desinfección

Parámetros	Expresado Como	Unidad	Límite Máximo Permissible
Aceites y Grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Aluminio	Al	mg/l	0,1
Amoniaco	N-Amoniacal	mg/l	1,0
Arsénico (total)	As	mg/l	0,05
Bario	Ba	mg/l	1,0
Berilio	Be	mg/l	0,1
Boro (total)	B	mg/l	0,75
Cadmio	Cd	mg/l	0,001
Cianuro (total)	CN-	mg/l	0,01

Parámetros	Expresado Como	Unidad	Límite Máximo Permissible
Cobalto	Co	mg/l	0,2
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Color	color real	unidades de color	20
Coliformes Fecales	nmp/100 ml		50
Cloruros	Cl ⁻	mg/l	250
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,002
Cromo hexavalente	Cr ⁶	mg/l	0,05
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	2,0
Dureza	CaCO ₃	mg/l	500
Estaño	Sn	mg/l	2
Fluoruros	F	mg/l	menor 1,4
Hierro (total)	Fe	mg/l	0,3
Manganeso (total)	Mn	mg/l	0,1
Materia flotante			Ausencia
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,001
Níquel	Ni	mg/l	0,025
Nitrato	N-Nitrato	mg/l	10,0
Nitrito	N-Nitrito	mg/l	1,0
Olor y sabor			Ausencia
Oxígeno disuelto	O.D.	mg/l	No menor al 80% del oxígeno de saturación y no menor a 6mg/l
Plata (total)	Ag	mg/l	0,05
Plomo (total)	Pb	mg/l	0,05
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Selenio (total)	Se	mg/l	0,01
Sodio	Na	mg/l	200

Parámetros	Expresado Como	Unidad	Límite Máximo Permissible
Sólidos disueltos totales		mg/l	500
Temperatura		°C	Condición Natural + o – 3 grados
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Turbiedad		UTN	10
Zinc	Zn	mg/l	5,0
Hidrocarburos Aromáticos			
Benceno	C ₆ H ₆	mg/l	0,01
Benzo(a) pireno		mg/l	0,00001
Pesticidas y herbicidas			
Organoclorados totales	Concentración de organoclorados totales	mg/l	0,01
Organofosforados y carbonatos	Concentración de organofosforados y carbonatos totales	mg/l	0,1
Toxafeno		µg/l	0,01
Compuestos Halogenados			
Tetracloruro de carbono		mg/l	0,003
Dicloroetano (1,2-)		mg/l	0,01
Tricloroetano (1,1,1-)		mg/l	0,3

Fuente: TULSMA 2017 [19]

Tabla 4. Límites máximos permisibles del agua potable

PARAMETRO	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMITIDO
Características físicas		
Color	Unidades de color aparente (Pt-Co)	15
Turbiedad	NTU	5
Olor	---	no objetable
Sabor	---	no objetable
Inorgánicos		
Sólidos totales	mg/l	1500
Antimonio, Sb	mg/l	0,02
Arsénico, As	mg/l	0,01
Bario, Ba	mg/l	0,7
Boro, B	mg/l	2,4
Cadmio, Cd	mg/l	0,003
Cianuros, CN ⁻	mg/l	0,07
Cloro libre residual*	mg/l	0,3 a 1,5
Cobre, Cu	mg/l	2,0
Cromo, Cr (cromo total)	mg/l	0,05
Fluoruros	mg/l	1,5
Mercurio, Hg	mg/l	0,006
Níquel, Ni	mg/l	0,07
Nitratos, NO ₃ ⁻	mg/l	50
Nitritos, NO ₂ ⁻	mg/l	3,0
Plomo, Pb	mg/l	0,01
Radiación total α *	Bg/l	0,5
Radiación total β **	Bg/l	1,0
Selenio, Se	mg/l	0,04
Sustancias orgánicas		

Hidrocarburos policíclicos aromáticos HAP Benzo [a] pireno	mg/l	0,0007
Hidrocarburos: Benceno	mg/l	0,01
Tolueno	mg/l	0,7
Xileno	mg/l	0,5
Estireno	mg/l	0,02
1,2dicloroetano	mg/l	0,03
Cloruro de vinilo	mg/l	0,0003
Tricloroetano	mg/l	0,02
Tetracloroetano	mg/l	0,04
Di(2-etilhexil) ftalato	mg/l	0,008
Acrylamida	mg/l	0,0005
PARAMETRO	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMITIDO
Epiclorohidrina	mg/l	0,0004
Hexaclorobutadieno	mg/l	0,0006
1,2Dibromoetano	mg/l	0,0004
1,4- Dioxano	mg/l	0,05
Ácido Nitrilotriacético	mg/l	0,2
Plaguicidas		
Atrazina y sus metabolitos cloro-s-triazína	mg/l	0,1
Isoproturón	mg/l	0,009
Lindano	mg/l	0,002
Pendimetalina	mg/l	0,02
Pentaclorofenol	mg/l	0,009
Dicloroprop	mg/l	0,1
Alacloro	mg/l	0,02
Aldicarb	mg/l	0,01
Aldrín y Dieldrín	mg/l	0,00003

Carbofuran	mg/l	0,007
Clorpirifós	mg/l	0,03
DDT y metabolitos	mg/l	0,001
1,2-Dibromo-3-cloropropano	mg/l	0,001
1,3-Dicloropropeno	mg/l	0,02
Dimetoato	mg/l	0,006
Endrín	mg/l	0,0006
Terbutilazina	mg/l	0,007
Clordano	mg/l	0,0002
Hidroxiatrazina	mg/l	0,2

Fuente: NTE INEN 1108 [20]

1.2. OBJETIVOS

1.2.3. Objetivo General

- Evaluar la planta de tratamiento de agua potable Santa Rita de la parroquia San Andrés del cantón Santiago de Píllaro de la provincia de Tungurahua.

1.2.4. Objetivos Específicos

- Realizar el levantamiento de información de la planta de tratamiento
- Analizar el agua del afluente y efluente de la planta de tratamiento
- Evaluar el funcionamiento de la planta de tratamiento según la normativa vigente INEN 1108.
- Realizar una propuesta de mejoramiento de la planta de tratamiento en caso de ser necesario.

CAPÍTULO II

2. METODOLOGÍA

2.1. Materiales

En las siguientes tablas 5 y 6 se detallan los materiales y equipos respectivamente que se usaron durante la investigación. En la tabla 7 se detalla los equipos de protección.

Tabla 5. Materiales

MATERIAL	CANTIDAD	UNIDAD
Computadora	1	Unidad
Galón	5	Unidad
Balanza digital	1	Unidad
Envases de vidrio	3	Unidad
Envases para test de jarra	5	Unidad
Ph metro	1	Unidad
Colorímetro	1	Unidad
Pipeta	1	Unidad
Probeta	1	Unidad
Batrax	1	Unidad
Cuaderno	1	Unidad
Hielera cooler	1	Unidad

Fuente: Autor

Tabla 6. Equipos

Equipo	Cantidad	Unidad
Computadora	1	Unidad
Cronómetro	1	Unidad
Flexómetro	1	Unidad
Cinta métrica	1	Unidad
Cámara	1	Unidad
Impresora	1	Unidad
GPS	1	Unidad
Estación Total	1	Unidad

Fuente: Autor

Tabla 7. Equipo de protección

Equipo	Cantidad	Unidad
Casco	1	Unidad
Mandil	1	Unidad
Guantes de Nitrilo	3	Par
Mascarilla	5	Unidad
Zapatos de seguridad	1	Par

Fuente: Autor

2.2. Métodos

Para llevar a cabo el trabajo experimental, se aplicará la siguiente metodología que está dividida en 5 fases.

2.2.1. FASE 1: Determinación del número de beneficiarios de la planta de tratamiento de agua potable

La primera fase consiste en actividades tales como una breve investigación acerca del cantón Píllaro, así como su ubicación, límites, actividad económica y todo lo relacionado con la parroquia San Andrés y su planta de tratamiento de agua potable. También se realiza una recopilación de información general de la PTAP, datos técnicos como el caudal de diseño con el que fue construida, el tiempo de retención, las propiedades del agua que la PTAP debe tratar.

2.2.1.1. Ubicación

Píllaro proviene de dos voces pre-quichuas Pillalla que significa “Rayo o trueno”, y Aroque que significa “Altar”, por lo tanto es denominado “El Altar del Dios Rayo y Trueno», es el cantón más diverso de la Provincia de Tungurahua; reconocido a nivel nacional e internacional por la Diablada Pillareña (Patrimonio Cultural Intangible del Ecuador). Sus múltiples ecosistemas, encierran paisajes exuberantes desde sus fríos páramos hasta sus cálidos valles.

Este fascinante Cantón esta conformado por 9 parroquias 2 urbanas y 7 rurales, en cada una se puede encontrar incomparables paisajes, cultura y tradiciones que convierten al mismo en un sitio que brindará una experiencia vivencial inolvidable. [21]

Las parroquias urbanas son Matriz y Ciudad Nueva, mientras que las rurales son Baquerizo Moreno, Marcos Espinel, San Andrés, San Miguelito, Emilio María Terán, Presidente Urbina y San José de Poaló.

Los límites del cantón pillarlo son, el norte con las provincias de Napo y Cotopaxi; al sur con los cantones Patate y Pelileo; con el Este con las provincias de Napo y Cotopaxi; y, al Oeste con el cantón Ambato.

La extensión es de 472.2 km² y la altitud es de 2800 msnm, variando su altitud en otros lugares del cantón desde los 2200 a los 4000 msnm.

2.2.1.2. Extensión y Población

Parroquia San Andrés Fundada el 7 de julio 1869 de acuerdo con la distribución territorial provincial, con hombres y mujeres quienes con un ideal y un sueño progresista dieron la partida de nacimiento de lo que hoy es San Andrés con un área de 52 Km². Parroquia que día a día gracias a su gente trabajadora y constante lucha por surgir frente a las inequidades en la distribución de recursos y de escasos servicios básicos con que contaba, San Andrés una parroquia en auge y en constante crecimiento por su gente noble y luchadora que con su trabajo proyecta hacia un futuro con mejores logros para sus desentiendes.

La fertilidad de sus suelos bendecida por Dios hace de San Andrés y sus Comunidades tener una visión de desarrollo enfocado en la Agricultura, Ganadería, Microempresa, Turismo, Artesanía y el Movimiento Financiero apuntalen el crecimiento de nuestro terruño. [21]

La planta de tratamiento ubicada en la parroquia San Andrés, se encuentra en funcionamiento actualmente. dedicada a actividades de captación de agua de: ríos, lagos, pozos, lluvia etcétera; purificación de agua para su distribución; tratamiento de agua para uso industrial y otros usos; distribución de agua por medio de: tuberías, camiones (tanqueros) u otros medios, a usuarios residenciales, comerciales.

Abastece del servicio de agua potable a la parroquia Presidente Urbina, casco urbano de la parroquia San Andrés y Píllaro.

Tabla 8. *Habitad y vivienda.*

Parroquias	Área (ha)	Población (Hab)	Densidad (Hab/ha)
Área urbana (cabeceras parroquiales)			
Píllaro	616,22	11.069	19,35
Baquerizo Moreno	19,34	119	6,15
Emilio María Terán	12,72	134	10,53
Marcos Espinel	6,91	214	30,96
Presidente Urbina	3,69	35	9,48
San Andrés	10,58	179	16,91
San José de Poaló	5,41	88	16,26
San Miguelito	13,56	343	25,29
Área rural			
Píllaro	43,19	2.812	65,10
Baquerizo Moreno	26,34	189	7,17
Emilio María Terán	16,59	1.535	92,52
Marcos Espinel	126,22	2.376	18,82
Presidente Urbina	12,54	3.072	24,5
San Andrés	53,04	12.251	23,1
San José de Poaló	163,22	1.998	12,24
San Miguelito	21,9	5.183	23,7

Fuente: PDOT Santiago de Píllaro. [22]

2.2.1.3. Diagnóstico de las unidades de tratamiento

La planta de tratamiento de agua potable Santa Rita cuenta con una cámara de llegada, una mezcla rápida, zona de floculación, sedimentadores, filtros, tanque de presión, cámaras de válvulas y bombeo.

-Cámara de llegada.

Es la parte por donde ingresa el agua que viene desde la captación hasta la planta de tratamiento de agua potable Santa Rita

Figura 1. *Cámara de llegada*



Fuente: El Autor.

-Coagulación

En el tanque de mezcla rápida se coloca una solución de 50 kilogramos de sulfato de aluminio con un caudal controlado de un litro por hora que sirve para neutralizar los sólidos; y, esto se realiza cuando existe lluvias muy fuertes y el agua llega llena de partículas.

Figura 2. Mezcla rápida



Fuente: El Autor.

-Floculación.

Una vez que se han adicionado los productos químicos al agua cruda, inicia un proceso de mezclado en los cuales los coloides, es decir la suciedad y microorganismos empiezan a unirse o aglutinarse en partículas de mayor tamaño y densidad.

Figura 3. Floculación



Fuente: El Autor.

-Sedimentación

En los sedimentadores se permiten tiempo de reposo del agua que esta siendo tratada para lograr que las partículas de mayor densidad precipiten al fondo de los sedimentadores. En esta parte del proceso también existen en la parte superior del cuerpo agua unos tubos recolectores que permiten decantar el agua clarificada que es la de mejor calidad.

Figura 4. Sedimentador



Fuente: El Autor.

-Filtración

El agua que proviene del proceso de filtración que aparentemente se observa sin impurezas siempre persisten partículas de menor tamaño y densidad, así como microorganismos que deben ser removidos, esto se logra a través de un medio filtrante conformado por arena, antracita y grava, los materiales pétreos poseen granulometrías específicas y esta etapa se conoce como pulimiento.

Figura 5. Filtración

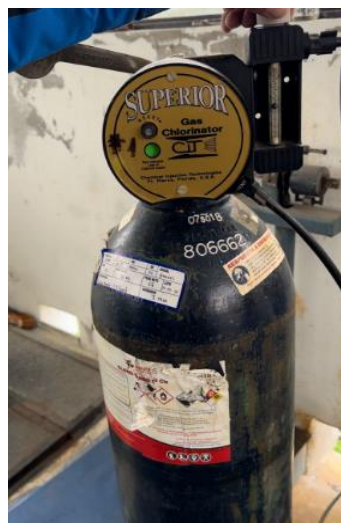


Fuente: El Autor.

-Desinfección

El agua ya cristalina aun puede contener microorganismos patógenos por lo que es necesario someter al agua a un proceso de desinfección mediante el uso de cloro-gas, el cual es sumamente efectivo y mantiene un efecto residual para garantizar la salud pública.

Figura 6. Desinfección



Fuente: El Autor.

2.2.2. FASE 2: Medición de caudales de entrada y de salida de la planta de tratamiento de agua potable

En la fase 2 de esta investigación se realizó visitas técnicas con el fin de verificar el estado y la medición de los caudales de ingreso y de salida de la planta para determinar el caudal de diseño, cuyo valor es necesario para el diagnóstico de funcionamiento de la PTAP.

La planta de tratamiento de agua potable Santa Rita se encuentra en funcionamiento las veinte y cuatro horas de día.

2.2.2.1. Medición de caudales

En la PTAP existen varios procesos, uno de ellos es la medición de los caudales de ingreso y de salida para poder calcular el caudal promedio que nos ayudará con las siguientes fases.

La toma de muestras se realizó durante nueve horas consecutivas, en los siete días de la semana del 15 al 21 de mayo del 2023, en donde verificamos que la planta funciona adecuadamente.

Para estimar un valor promedio se tomará cinco muestras por cada hora.

Se calculo el caudal multiplicando la velocidad media del agua por la sección transversal, por lo cual aplicamos la siguiente fórmula:

$$Q = A * V$$

En donde:

Q= Caudal a calcularse en litros por segundo (l/s)

A = Área (m²)

V= Velocidad (m/s)

2.2.2.2. Medición de los caudales de ingreso

Los caudales de ingreso fueron de la semana del 15 al 21 de mayo del 2023 y para representar los distintos caudales de entrada tomados durante un período de nueve horas, se presenta la siguiente Tabla 9.

Tabla 9. Caudales de Ingreso

CAUDALES DE INGRESO								
Hora/Día	LU NES	MART ES	MIERCO LES	JUEV ES	VIER NES	SÁBA DO	DOMIN GO	PROME DIO
08:00 a	79,3							
09:00	7	84,03	82,30	87,72	106,38	114,94	115,61	95,76
09:00 a	82,6							
10:00	4	83,33	81,97	87,34	109,89	112,36	114,29	95,97
10:00 a	81,3							
11:00	0	82,64	81,63	89,29	103,09	117,65	119,05	96,38
11:00 a	84,0							
12:00	3	84,75	83,33	89,69	105,26	138,89	116,96	100,42
12:00 a	85,4							
13:00	7	84,03	83,68	90,50	108,70	135,14	125,79	101,90
13:00 a	86,9							
14:00	6	85,11	84,75	90,09	111,11	137,93	129,03	103,57
14:00 a	84,7							
15:00	5	83,33	84,03	87,72	114,94	132,45	138,89	103,73
15:00 a	83,6							
16:00	8	84,39	82,99	87,34	109,29	130,72	135,14	101,93
16:00 a	84,7							
17:00	5	83,68	83,68	85,84	110,50	128,21	125,00	100,24
TOTAL								99,99

Fuente: Autor

2.2.2.3. Medición de los caudales de salida

Para representar los distintos caudales de salida tomados durante un período de nueve horas, se presenta la siguiente Tabla 10.

Tabla 10. Caudales de salida

CAUDALES DE SALIDA								
Hora/Día	LUN	MAR	MIERC	JUE	VIER	SÁB	DOMI	PROM
a	ES	TES	OLES	VES	NES	ADO	NGO	EDIO
08:00 a	78,1				101,0	114,2		
09:00	3	81,97	80,97	86,58	1	9	116,28	94,17
09:00 a	80,6					111,7		
10:00	5	80,65	81,63	86,96	114,94	3	114,94	95,93
10:00 a	80,0				102,5	116,9		
11:00	0	82,30	80,65	88,11	6	6	118,34	95,56
11:00 a	81,3				104,7	137,9		
12:00	0	83,68	82,30	88,89	1	3	117,65	99,50
12:00 a	84,0					134,2		
13:00	3	85,47	82,64	89,69	108,11	3	126,58	101,54
13:00 a	83,6				109,2	138,8		
14:00	8	83,33	79,68	88,11	9	9	129,87	101,84
14:00 a	82,3					133,3		
15:00	0	82,99	83,68	86,21	114,29	3	137,93	102,96
15:00 a	81,9				109,8	131,5		
16:00	7	76,63	81,97	86,58	9	8	134,23	100,41
16:00 a	83,6					127,3		
17:00	8	8,00	84,03	85,47	111,11	9	124,22	89,13
TOTAL								97,89

Fuente: Autor

2.2.3. FASE 3: Análisis de laboratorio del influente y efluente de la planta de tratamiento de agua potable

La tercera fase consiste en el análisis de las muestras recolectadas del ingreso y salida del agua de la PTAP, muestras que fueron enviadas a un laboratorio especializado para efectuar un análisis de la calidad de la misma, evaluando varios parámetros como: pH, turbiedad, color, sólidos totales disueltos, salinidad, fluoruros, cromo hexavalente, cobre, hierro total, cianuros, níquel, manganeso, sulfatos, cloro libre residual, nitratos

(NO₃), nitritos (NO₂), sólidos suspendidos, esto se realiza de acuerdo con los diferentes procedimientos o técnicas existentes.

2.2.3.1. Toma de muestras de agua cruda y tratada

La toma de muestras se realizó en base a la norma NTE INEN 2 176 (Agua. Calidad del agua. Muestreo. Técnicas de muestreo) [23] donde se indica que se deben tomar dos muestras de agua, una tomada al ingreso y la otra a la salida de la planta de tratamiento de agua potable.

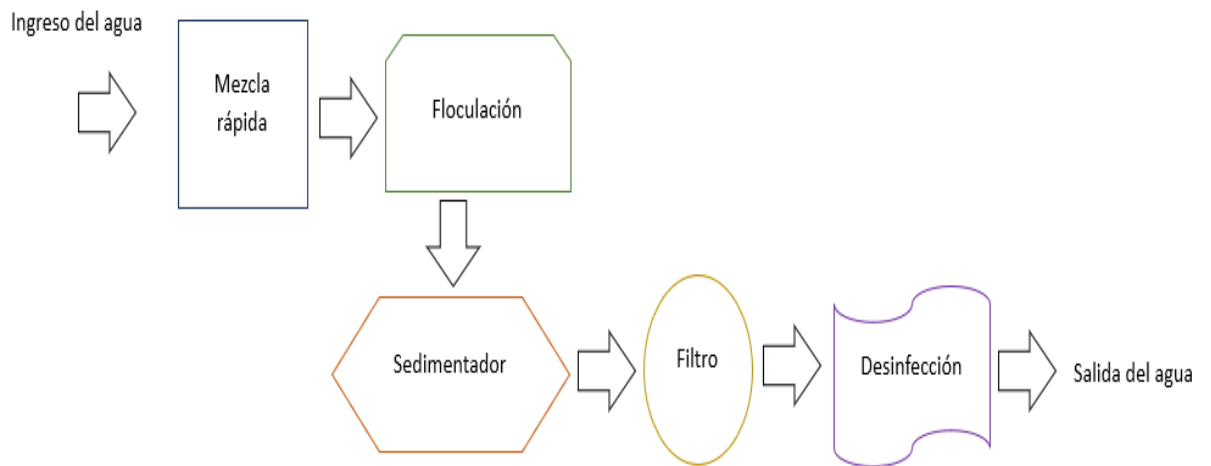
Para el manejo y traslado de las muestras al laboratorio se basó en la norma NTE INEN 2 169 (Agua. Calidad del agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestras) [24], donde se indica que se debe utilizar botellas de vidrio ámbar, para de evitar alteraciones de descomposición en las partículas fotosensibles. Se empleó una hielera/cooler para su conservación y traslado al Laboratorio AnavanLab. Los resultados se encuentran en el Anexo 2.

2.2.4. FASE 4: Análisis y verificación de funcionamiento de la PATP Santa Rita.

La cuarta fase se basó en realizar un diagnóstico detallado de cada uno de los procesos unitarios o actividades que se efectúan en la PTAP, su condición actual y si dicho proceso se encuentra o no funcionando. También se realiza la toma de fotografías como evidencias para el respectivo informe y de acuerdo con ello el análisis de cada proceso.

2.2.4.1. Descripción de la infraestructura existente

Figura 7. Diagrama de los procesos unitarios de la PTAP.



Fuente: El Autor.

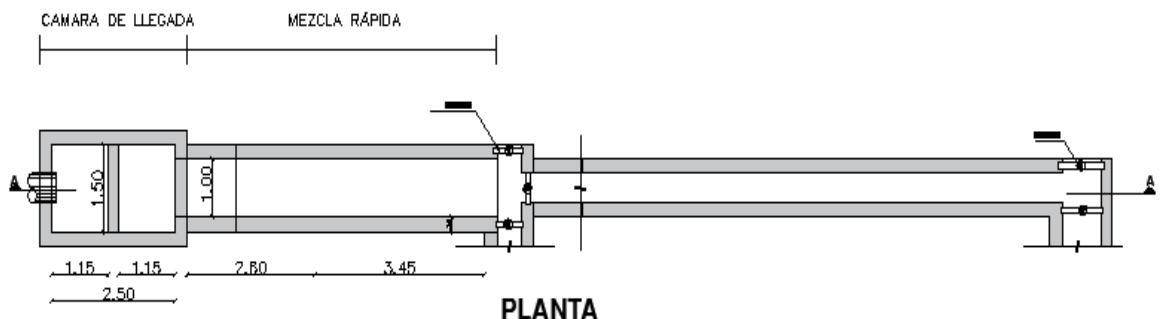
2.2.4.2. Dimensiones actuales de la PTAP

Para poder realizar la evaluación completa de cada uno de los procesos de la potabilización del agua, es necesario realizar un levantamiento planimétrico y fotogramétrico para obtener los datos y medidas necesarias.

2.2.4.2.1. Mezcla rápida

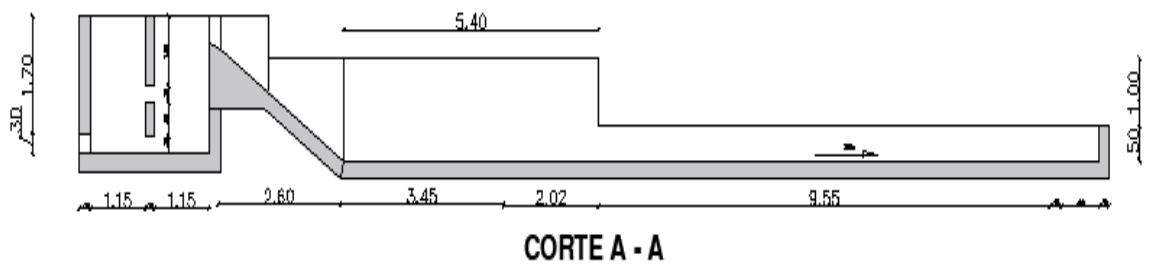
Como indican las figuras 8 y 9, la cámara de llegada por donde ingresa el agua antes de ser tratada tiene unas dimensiones de 1,50 m de ancho por 2,50 m de largo y de ahí sigue la zona de mezcla rápida que tiene 1 m de ancho por 6,05 m de largo, en donde se realiza una mezcla de sulfato de aluminio.

Figura 8. Mezcla rápida – Vista en planta



Fuente: El Autor.

Figura 9. Mezcla rápida – Corte A-A

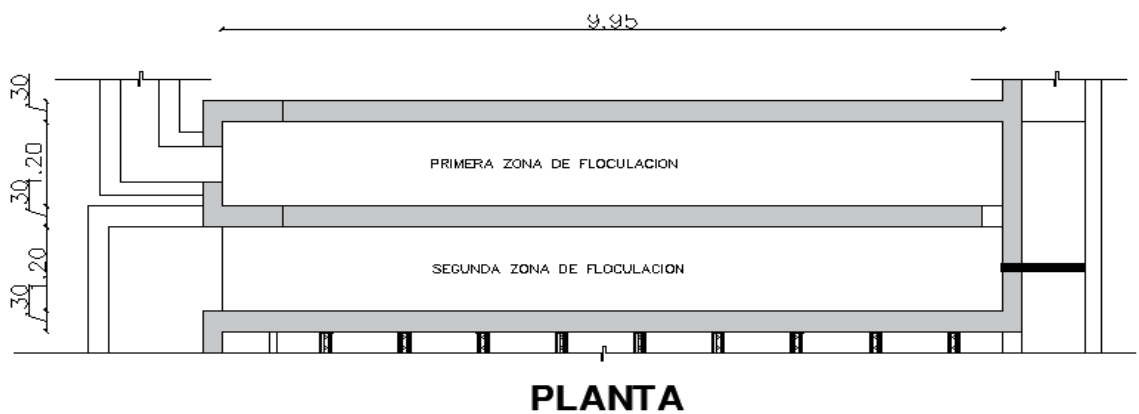


Fuente: El Autor.

2.2.4.2.2. Floculación

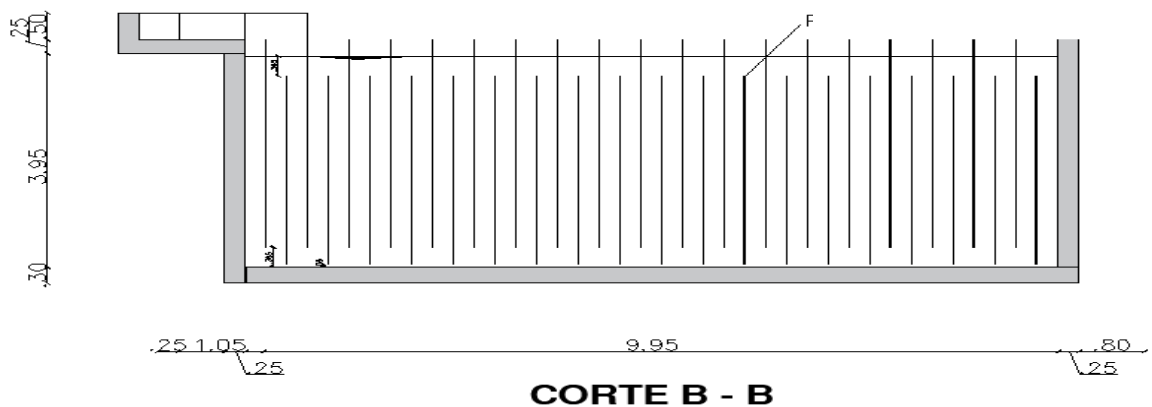
El agua después de ser mezclada con químicos que ayudan a su potabilización, pasa a la primera y segunda zona de floculación que cada uno tiene una dimensión de 1,20 de ancho por 9,95 m de largo que se observan en la figura 10, y también tiene 3,95 m de alto que se observa en la figura 11, estas dos zonas tienen unas placas dispuestas verticalmente.

Figura 10. Floculación –Vista en planta



Fuente: El Autor.

Figura 11. Floculación – Corte B-B

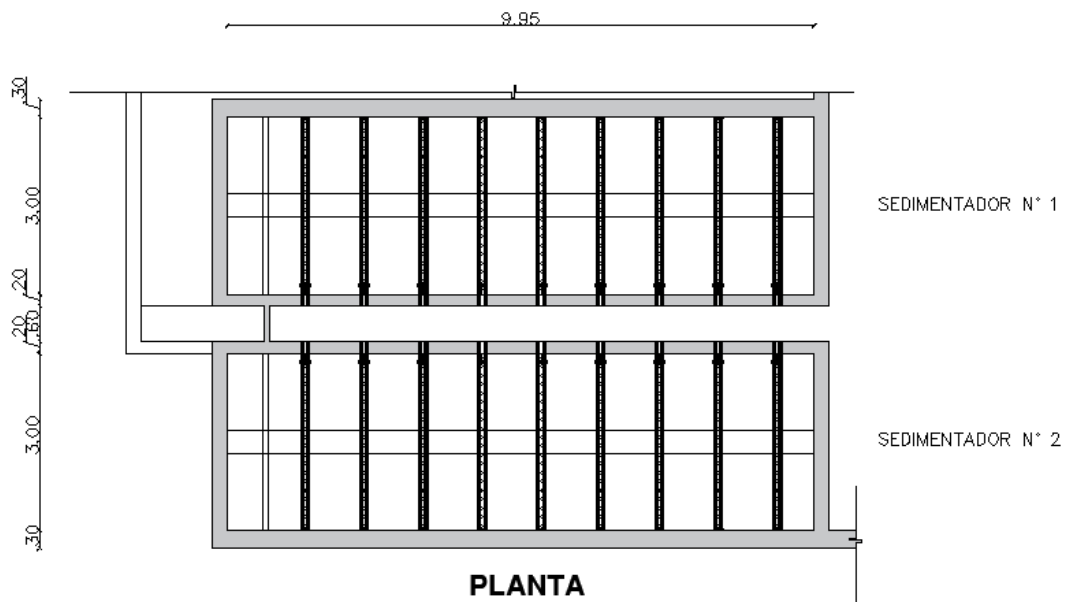


Fuente: El Autor.

2.2.4.2.3. Sedimentador

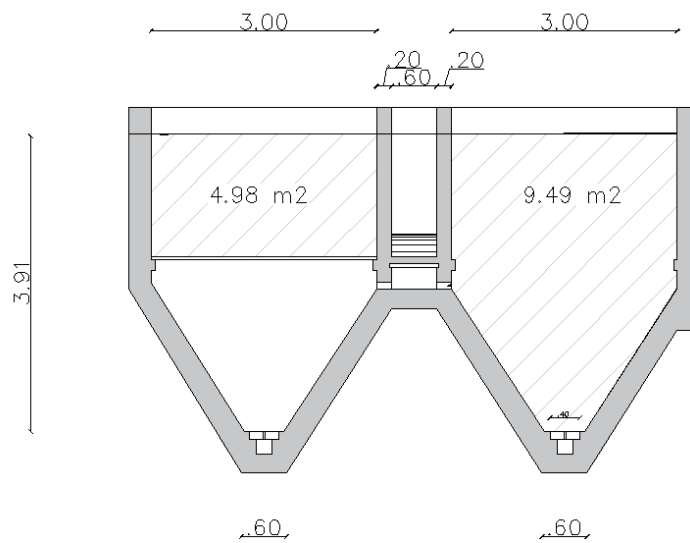
En la Planta de tratamiento de agua potable Santa Rita tenemos actualmente dos sedimentadores de alta tasa de flujo laminar, que tiene cada uno una dimensión de 3 metros de ancho por 9,95 de largo, una zona de entrada de 0.60 m de ancho. Estas unidades también cuentan con una zona de lodos, en donde sedimentan las partículas restantes, antes de pasar a su siguiente proceso.

Figura 12. Sedimentador – Vista en planta



Fuente: El Autor.

Figura 13. Sedimentador - Corte

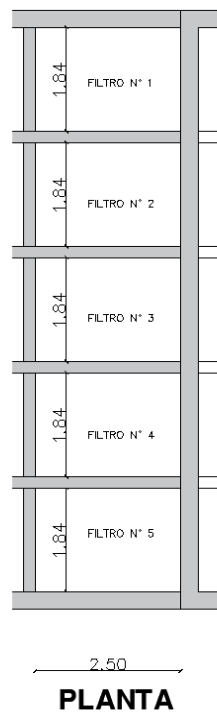


Fuente: El Autor.

2.2.4.2.4. Filtro

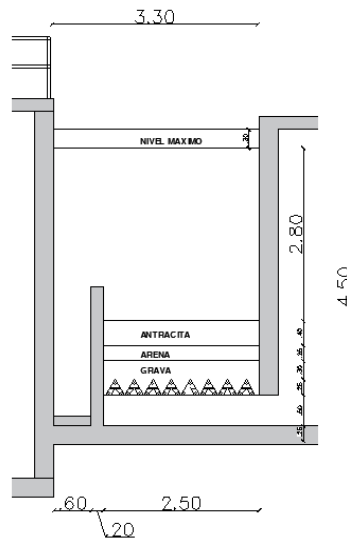
Actualmente existen cinco filtros cada uno con 2,50 m de largo por 1,84 m de ancho, cuentan con filtros de grava de 30 cm, arena 25 cm y antracita y de 40 cm.

Figura 14. Filtros – Vista en planta



Fuente: El Autor.

Figura 15. Filtros – Corte



Fuente: El Autor.

2.2.4.3. Normas empleadas en el diagnóstico teórico de la Planta de tratamiento

Para el diagnóstico teórico del funcionamiento de los componentes de la actual PTAP se emplearon los criterios de diseño de normas nacionales e internacionales entre ellas:

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2655:2012. – de esta norma se emplearon los criterios principales para la formación de una PTAP prefabricada en lugares públicos dentro del territorio ecuatoriano, también presenta los requisitos de diseño y construcción que las empresas deben cumplir para la fabricación de los procesos de tratamiento dentro de la planta. La norma ecuatoriana toma en cuenta la realidad del país para el marco técnico, económico y ambiental, enfatizando la sostenibilidad y enfoque futurista. [25]

NORMA CO 10.7 – 602.- Esta norma define qué etapas se deben cumplir en un sistema de agua potable dentro de la zona rural, además de los parámetros de diseño, la operación, administración y mantenimiento de los sistemas potabilizadores, y las tecnologías adecuadas para su correcto funcionamiento. [26]

Norma CPE INEN 5. – La siguiente norma muestra previos estudios de diseño, construcción y mantenimiento de los sistemas de agua potable, además incluye

especificaciones con respecto a las dimensiones de cada unidad de tratamiento de potabilización y sus respectivas consideraciones. [27]

Norma RAS 2000. – La siguiente norma colombiana se basa en recolección y evaluación de aguas de uso doméstico y sanitario, mediante recomendaciones mínimas para diseñar y construir PTAP, además indica la cantidad adecuada de químicos en el agua. [28]

2.2.4.4. Diagnóstico teórico de funcionamiento de la Planta de tratamiento

2.2.4.4.1. Cálculos para el diseño

Caudal de diseño

Debido a que no existe un cálculo previo del caudal máximo, se optó determinarlo mediante la estadística, como indica Metcalf & Eddy, que consiste en calcular un caudal promedio de todos los caudales medidos, la desviación típica y con ello el caudal máximo.

Tabla 15. Método estadístico

Símbolo	Significado	Ecuación	Resultado
N	Número de muestra	$N = \Sigma \text{caudales}$	126
\bar{x}	Valor promedio de todos los caudales tomados	$\bar{x} = \frac{\Sigma_{i=1}^N x_i}{N}$	98,94
σ	Desviación típica o estándar	$\sigma = \sqrt{\frac{\Sigma_i^N (x_i - \bar{x})^2}{N}}$	3,83

Fuente: El Autor

– Caudal máximo horario

$$QMH = \bar{x} + 2 * \sigma$$

$$QMH = \frac{98,94 \text{ lt}}{\text{seg}} + 2 * 3,83$$

$$QMH = 106,61 \text{ l/s}$$

– **Caudal de diseño**

- $Qa = \text{Caudal máximo horario asumido (l/s):}$ 106,61
- $f_s = \text{Factor de seguridad (\%):}$ 10

$$Qd = Qa * f_s$$

$$Qd = \frac{12,66l}{s} * 1.1$$

$$Qd = 117,27 \text{ l/s}$$

Densidad poblacional

La densidad poblacional según el INEC de:

Parroquia Presidente Urbina es 246,057 hab/km²

Parroquia San Andrés 232,967 hab/km²

Píllaro. 2469,11 hab/km²

Periodo de diseño

Según la *NORMA DE DISEÑO PARA SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, DISPOSICIÓN DE EXCRETAS Y RESIDUOS LÍQUIDOS EN EL ÁREA RURAL*, el período de diseño para obras civiles de disposición de residuos líquidos es 20 años.

Población actual

Para calcular la población actual para el diseño en un área rural, se debe utilizar el método geométrico según la NORMA CO 10.7-602.

Tabla 16. Datos censales de las tres parroquias beneficiadas

Parroquias	2010	2001	1990
------------	------	------	------

Presidente Urbina	2800	2420	2290
San Andrés	11200	9885	8605
Píllaro	13383	11861	11147

Fuente: INEC [29]

La sumatoria de estos tres sectores en los últimos tres censos es:

Tabla 17. Datos censales de los beneficiarios

AÑO CENSAL	POBLACIÓN	T años
1990	22042	11
2001	24166	9
2010	27383	0

Fuente: INEC [29]

Según la NORMA CO 10.7-602, se recomienda utilizar el método geométrico y se debe realizar con los siguientes datos

$$r\% = 1.0 \text{ Sierra}$$

$$r\% = 1.5 \text{ Costa, oriente y Galápagos}$$

Donde:

$$r\% = \text{tasa de crecimiento poblacional}$$

$$n = 13 \text{ años}$$

Población actual (Pa)

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

$$Pa = 27383 \text{ hab} * (1 + 0.01)^{13}$$

$$Pa = 31164,40 \cong 31165 \text{ habitantes}$$

Donde:

$Pa =$ Población actual

$Pu =$ Población última

$r =$ Tasa de crecimiento geométrica de la población expresada como fracción decimal

$n =$ Período de diseño (años)

2.2.4.4.2. Diagnóstico del desarenador

Actualmente en la Planta de Tratamiento de Agua Potable Santa Rita, no existe un desarenador por lo que no se realizó el diagnóstico de este.

2.2.4.4.3. Diagnóstico del funcionamiento de la mezcla rápida

Sirve para garantizar la mezcla eficiente del coagulante con el agua que esta en proceso de tratamiento removiendo las sustancias coloidales.

En este caso se utiliza sulfato de aluminio, y se lo realiza en temporadas de invierno, ya que el agua ingresa con valores altos de turbidez, este proceso logra que las sustancias coloidales se coagulen y se sedimenten, obteniendo la remoción de sustancias sólidas.

Dosis optima de floculante en base a la turbiedad.

La dosis necesaria varía de acuerdo con la turbiedad, y utilizaremos las dosis de la tabla en la planta de tratamiento de agua potable Santa Rita, ya que las condiciones y características son similares.

Tabla 18. Dosis óptima de sulfato de aluminio según la Turbiedad para la PTAP

Turbidez (NTU)	DOSIS DE SULFATO DE ALUMINIO (ppm o g/m3)
-------------------	--

	Mínima	Máxima	Media
10	5	17	10
15	8	20	14
20	11	22	17
40	13	25	19
60	14	28	21
80	15	30	22
100	16	32	24
150	18	37	27
200	19	42	30
300	21	51	36
400	22	62	39
500	23	70	42

Fuente: SEDAPAL [30]

Masa óptima de coagulante para el caudal de ingreso en la PTAP Santa Rita

Con los valores de la dosis optima de la tabla 19 y aplicando la fórmula de dosis de coagulante, se puede determinar la cantidad de sulfato de aluminio que se necesita para la planta.

Donde:

CR: Cantidad de floculante requerido

DO: Dosis optima de sulfato de aluminio que en este caso será 10 ppm

Q: Caudal

$$CR = \frac{DO * Q * 3600}{1000}$$

$$CR = \frac{\frac{10g}{m^3} * 0.117m^3/s * 3600s}{1000g}$$

$$CR = 4,22 \text{ kg/h}$$

Volumen de sulfato de aluminio.

Para determinar el volumen de Sulfato de Aluminio a dosificar por hora se despeja de la fórmula de densidad de una disolución, que es:

$$d = \frac{m}{v}$$

$$v = \frac{m}{d}$$

Donde:

m: Masa de la disolución

v: volumen del solvente

d: disolución, lo cual es 1,42 kg/lit debido a que el valor es utilizable para la potabilización del agua. [31]

$$v = \frac{4,22 \text{ kg/h}}{1,42 \text{ kg/l}}$$

$$v = 2,97 \text{ l/h}$$

$$v = 3 \text{ l/h}$$

Por lo tanto, en la planta de tratamiento de agua potable Santa Risa, con un caudal de 117 lt/s se necesita realizar una disolución de 4,22 kg de sulfato de aluminio en 3 litros de solvente para una hora

2.2.4.4.4. Diagnóstico del floculador.

Datos:

Medidas del tanque = 1,20m x 9,95m x 3,95m

Volumen del tanque (Vt)= 47,2 m³ = 47200 lt

Caudal para el que fue diseñado el tanque (Qt)= 150 lt/seg

- Tiempo de retención

$$t_{\text{retención}} = \frac{Vt}{Qt}$$

$$t_{\text{retención}} = \frac{47200 \text{ lt}}{150 \text{ lt/s}}$$

$$t_{\text{retención}} = 334,32 \text{ s} = 5,57 \text{ min}$$

- **Volumen de agua a tratar**

Se calcula el volumen del agua que debería ser tratada por el tanque electro coagulador – floculador. Según [32], el cálculo del volumen de agua a ser tratada se determina con la siguiente ecuación:

$$V_{wr} = t_r * Qd * f$$

Donde:

Qd = Caudal de diseño

t_r = tiempo de retención

f = factor de seguridad 30%

$$V_{wr} = 334,32 \text{ s} * 117,27 \text{ lt/s} * 1.3$$

$$V_{wr} = 50967,07 \text{ lt}$$

- **Volumen de agua que trata la planta potabilizadora**

Se calcula el volumen de agua que actualmente trataría el tanque floculador con la siguiente fórmula:

$$V_{wp} = 334,32 \text{ s} * 150 \text{ lt/s} * 1.3$$

$$V_{wp} = 65192,4 \text{ lt}$$

- **Desperdicio de agua**

$$V_d = 50967,07 - 65192,4 \text{ lt}$$

$$V_d = -14225,32 \text{ lt}$$

$$-14225,32 \text{ lt} * \frac{100\%}{50967,07 \text{ lt}} = -27,91 \%$$

Como resultado existen dos floculadores consecutivos y no existe desperdicio de cada uno lo que no representa una problemática. Por esta razón se optó por mantener las dimensiones actuales de los floculadores ya que están funcionando correctamente y aún tienen capacidad.

2.2.4.4.5. Diagnóstico del funcionamiento del sedimentador

Para evaluar el sedimentador, se basó en los criterios de diseño hidráulico de plantas de tratamiento de agua potable de Miguel Araque Arellano. [33]

Datos:

Diámetro de partículas a remover= 0.002cm=0.02mm

Q total = 117 l/s

Q diseño = 150 l/s

Tipo de módulos de placas = planas

Dimensiones de las placas = 3,00*0.90*0,02 m

Largo = 9,95 m

Ancho = 6 m

Viscosidad cinemática (15°) = 0.0000001142 cm²/s

Vsedimentación = 0.535, según norma CPE INEN 5 [27]

L = 19,90 m; longitud de recorrido por las placas de la unidad.

Longitud recomendada por NORMA CO 10.07 [26] < 30 m

$\theta = 60^\circ$. [25]

Tabla 19. Coeficiente por tipo de placa

Elemento tubular	S
Placas planas paralelas	1
Circular	1,33
Cuadrado	1,43

Autor: NTE INEN 2655 [25]

$Sc = 1$; coeficiente por tipo de placa.

-Diseño de la zona de sedimentación

Cálculo de separación entre placas

$$e = \frac{I}{L}$$

$$e = \frac{0.90 \text{ m}}{19.90}$$

$$e = 0,045 \text{ m}$$

Distancia entre placas debe ser menor a 10 cm según la NTE INEN 2655 [25]

Cálculo de la velocidad de flujo

$$V_o = \frac{V_{\text{sedimentación}}}{S_c} * (\sin \theta + L * \cos \theta)$$

$$V_o = \frac{0.022 \text{ cm/s}}{1} * (\sin 60^\circ + 19.90 * \cos 60^\circ)$$

$$V_o = 0.24 \frac{\text{cm}}{\text{s}} < 1 \frac{\text{cm}}{\text{s}} \text{ si cumple}$$

Cálculo del número de Reynolds

$$R_e = \frac{V_o * e}{\text{Viscosidad cinemática}}$$

$$R_e = \frac{0.24 \frac{\text{cm}}{\text{s}} * \frac{1\text{m}}{100\text{cm}} * 0.045}{0.000001142}$$

$$R_e = 94.24 < 500 \therefore \text{flujo laminar}$$

$R_e < 500$, recomendado por NTE INEN 2655 [25]

Área de zona de sedimentación

$$A = \frac{Q}{V_o * \sin 60^\circ}$$

$$A = \frac{0.15 \frac{m^3}{s}}{0.24 \frac{cm}{s} * \frac{1m}{100cm} * \sin 60^\circ}$$

$$A = 72.79 m^2$$

Dimensiones de la unidad de sedimentación

$$A = Largo * Ancho$$

$$Largo = \frac{\text{área}}{\text{ancho}}$$

$$Largo = \frac{72.79 m^2}{6}$$

$$Largo = 12.10 m$$

El sedimentador es flujo laminar, calculo del tiempo de sedimentación

$$t = \frac{I}{V_o}$$

$$t = \frac{0.90 m}{0.0023 m/s}$$

$$t = 378.22 s = 6.3 min$$

La carga hidráulica superficial debe estar entre 100 m/día a 180 m/día, recomendada por la CPE INEN 5 [27]

$$C_s = \frac{Q}{\text{Area superficial}}$$

$$C_s = \frac{150 l/s * 86.4}{6 m * 12.10 m}$$

$$C_s = 178.04 m/día$$

Zona de entrada: cálculo de la velocidad de flujo de entrada a la unidad de sedimentador

$$V_e = \frac{Q}{Area}$$

$$V_e = \frac{0.15 \text{ m}^3/\text{s}}{0.6 \text{ m} * 6 \text{ m}}$$

$$V_e = 0.041 \text{ m/s}$$

Zona de lodos: el volumen en función de la NORMA CO 10.7-601 debe ser mayor al 50% del volumen de la zona de sedimentación.

a. Volumen de zona de lodos

$$V_1 = \left[\frac{b. mayor + b. menor}{2} * h \text{ de trapecio} \right] * ancho \text{ de sedimentador}$$

$$V_1 = \left[\frac{3 \text{ m} + 0.40 \text{ m}}{2} * 2\text{m} \right] * 12.10 \text{ m}$$

$$V_1 = 41.14 \text{ m}^3$$

b. Volumen de zona de sedimentación

$$V_2 = Ancho * largo \text{ de placas} * ancho \text{ de sedimentador}$$

$$V_2 = 6 * 0.90 * 12.10$$

$$V_2 = 65.34 \text{ m}^3$$

c. $V \text{ lodos} > 0.5 * V \text{ sedimentación}$

$$41.14 \text{ m}^3 > 0.5 * 65.34 \text{ m}^3$$

$$41.14 \text{ m}^3 > 32.67 \text{ m}^3, \text{ si cumple.}$$

Tabla 20. Comparación de las dimensiones actuales y de las calculadas teóricamente del sedimentador

MAGNITUD	ACTUAL	TEÓRICO	UNIDAD
Largo útil	9.95	12.10	m
Ancho útil	6	6	m
Carga superficial	178.04	100 – 180	m/día

Fuente: El Autor

Como demuestra la tabla 20, las dimensiones actuales satisfacen el caudal actual tratado, ya que están dentro del rango de la carga superficial, por lo que no es necesario modificar su longitud.

2.2.4.4.6. Diagnóstico del funcionamiento de los filtros

La Norma CPE INEN 5 [27] recomienda usar al menos dos tanques de filtros lentos convencionales.

Datos:

Ancho del tanque= 1,84 m

Largo del tanque= 2,50 m

Caudal de diseño= 0.150 m³/s

Volumen del tanque= 22.31 m³

- **Número de filtros**

$$N = 0.044 \sqrt{Q}$$

$$N = 0.044 \sqrt{12960 \text{ m}^3/d}$$

$$N = 5 \text{ Unidades}$$

- **Área del filtro**

$$A_f = b * l$$

$$A_f = 1,84 \text{ m} * 2,50 \text{ m}$$

$$A_f = 4,60 \text{ m}^2$$

- **Velocidad de filtración**

$$V_f = \frac{Qd}{Nf * Af}$$

$$V_f = \frac{0.150 \text{ m}^3/s}{5 * 4,60 \text{ m}^2}$$

$$V_f = 0.0065 \text{ m/s}$$

- **Tiempo de retención**

$$t_r = \frac{Vt}{Qd}$$

$$t_r = \frac{22,31 \text{ m}^3}{0.150 \text{ m}^3/\text{s}}$$

$$t_r = 148,73 \text{ s} = 2,47 \text{ min} = 0.041\text{h}$$

Según la Norma CPE INEN 5, la superficie del lecho filtrante no debe superar los 200m², por tal razón, los filtros si cumplen con este parámetro.

Granulometría del material filtrante

Según la Guía para Diseño de Sistemas de Tratamiento de Filtración en Múltiples etapas [34] recomienda las siguientes características de granulometría.

Tabla 21. Granulometría de un filtro grueso dinámico

Posición en la Unidad	Espesor de la Capa (m)	Tamaño de Grava (mm)
Superior	0.20	3.0 - 6.0
Intermedio	0.20	6.0 - 13.0
Inferior, Fondo	0.20	13.0 - 25.0

Fuente: Diseño de sistemas de tratamiento de filtración en múltiples etapas [34]

Tabla 22. Granulometría de un filtro grueso ascendente en capas o en serie

Lecho Filtrante (mm)	Altura (m)					
	FGAC	FGAS 2		FGAS 3		
		1	2	1	2	3
19 - 25	0.30*	0.30*		0.30*	0.20*	
13 - 19	0.20 - 0.30	0.30 - 0.45	0.20*	0.15	0.15*	0.15*
6 - 13	0.15 - 0.20	0.30 - 0.45	0.15*	0.45 - 0.75	0.15*	0.15*
3 - 6	0.15 - 0.20		0.30 - 0.45		0.40 - 0.70	0.15*
1.6 - 3	0.10 - 0.20		0.25 - 0.40			0.45 - 0.75
Total (m):						
• Soporte	0.30	0.30	0.35	0.30	0.50	0.45
• Lecho Filt.	0.60 - 0.90	0.60 - 0.90	0.55 - 0.85	0.60 - 0.90	0.40 - 0.70	0.45 - 0.75

Fuente: Diseño de sistemas de tratamiento de filtración en múltiples etapas [34]

Tabla 23. Lechos filtrantes y tasas de filtración.

Arena	
Espesor de la capa	0,20 - 0,30 m
Tamaño efectivo	0,45 - 0,6 mm
Coefficiente de uniformidad	≤1,6
Antracita	
Espesor de la capa	0,45 - 0,60 m
Tamaño efectivo	0,8 - 1,1 mm
Coefficiente de uniformidad	≤1,4

Fuente: NTE INEN 2655 [25]

Tabla 24. Comparación de medidas actuales y teóricas del filtro

MAGNITUD	ACTUAL	TEÓRICO	UNIDAD
Número de filtros	5	5	U
Área de filtrado	4,60	< 200	m ²
Altura de medio filtrante (grava)	0.30	0.20 – 0.30	m
Altura de medio filtrante (arena)	0.25	0.20 – 0.30	m
Altura de medio filtrante (antracita)	0.40	0.45 – 0.60	m

Fuente: El Autor

Como indica la tabla 24, las medidas actuales de la filtración si cumplen con las establecidas teóricamente, entonces, no se propone rediseñar los filtros.

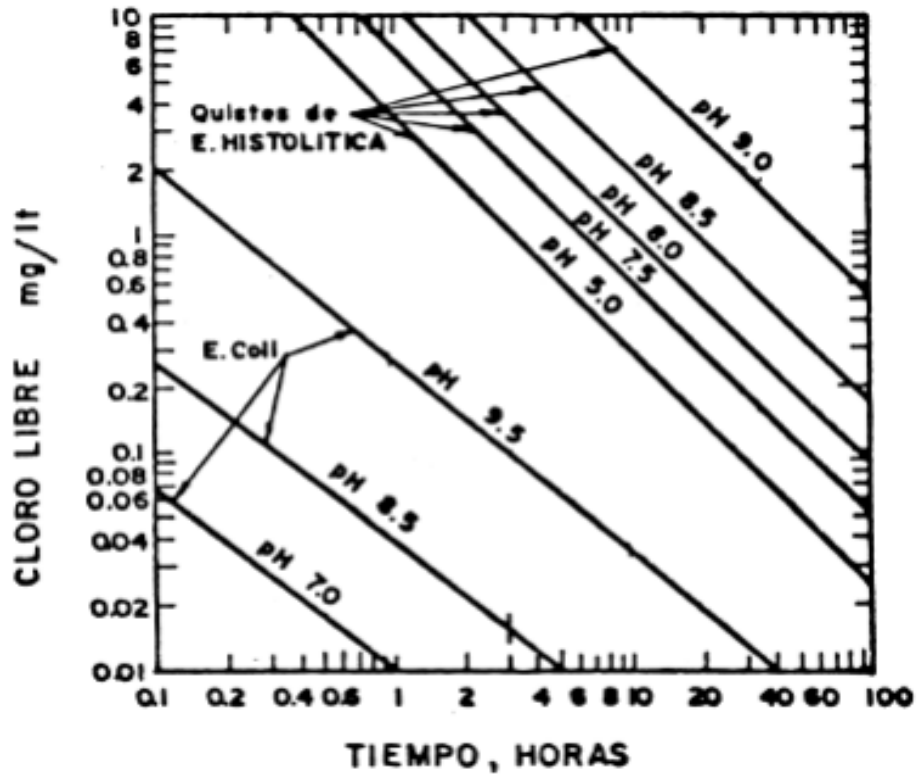
2.2.4.4.7. Diagnóstico del proceso de desinfección

En este proceso se utiliza cloro-gas ya que es el desinfectante más usado para eliminar microorganismos patógenos que todavía están presentes en el agua en los últimos procesos de su potabilización.

La dosificación se puede calcular mediante el siguiente ábaco:

- Eficacia

Figura 16. Cantidad de cloro



Fuente: Arboleda, J 1992 [35]

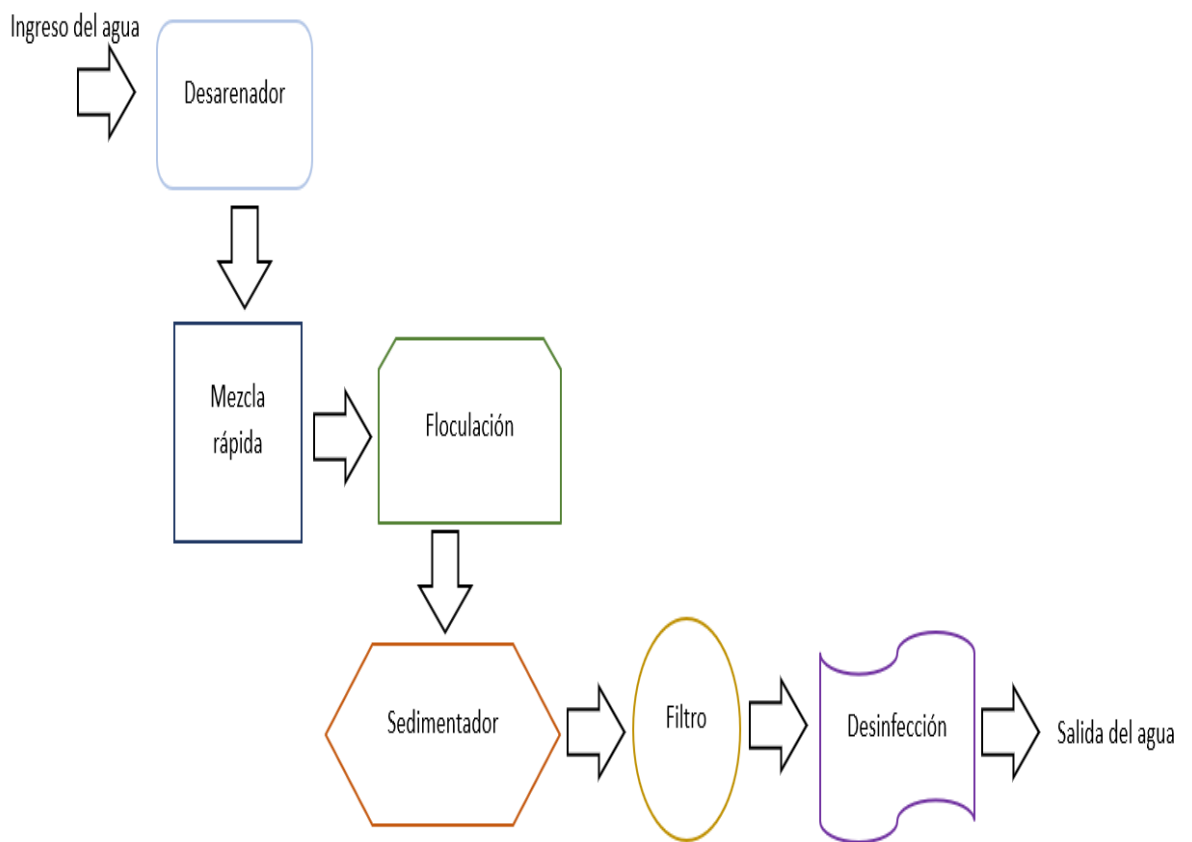
Como indica la tabla 12, el pH de salida es 7.7, por lo tanto, siguiendo el ábaco mostrado en la figura 41, la cantidad necesaria para eliminar la E.Coli es 0.06mg/L en un tiempo de 1 hora.

2.2.5. FASE 5: Propuesta de mejora de la PTAP Santa Rita.

Ante la necesidad de mejorar la calidad del agua que se brinda a la población para su consumo, se plantea ecológica para el tratamiento de sus aguas crudas, todo esto a través de estudios de las propiedades física, químicas y biológicas del agua a tratar, además de un mejoramiento en el diseño de los procesos efectuados por la planta en caso de ser necesario.

Con los resultados obtenidos en los análisis de calidad de agua y diagnósticos del funcionamiento de cada proceso de potabilización, se propone aumentar un proceso que es el desarenador, diseñándolo como indica la norma.

Figura 17. Diagrama de tratamiento propuesto



Fuente: El Autor.

Analizando cada proceso de potabilización en la planta Santa Rita, se obtuvo que su estado actual es el siguiente:

Tabla 25. Estado actual de tratamiento

Unidad de Tratamiento	Evaluación Técnica	Propuesta
-----------------------	--------------------	-----------

Desarenador	NO EXISTE	AÑADIR PROCESO
Mezcla rápida	CUMPLE	MANTENER
Floculación	CUMPLE	MANTENER
Sedimentador	CUMPLE	MANTENER
Filtro	CUMPLE	MANTENER
Desinfección	CUMPLE	MANTENER

Fuente: Autor.

2.2.5.1. Propuesta de desarenador

Al no existir este proceso en la planta se realiza el cálculo de un desarenador:

Datos:

- Caudal $Qd = 0.150m^3/s$
- Diámetro partícula de diseño $dp = 0.1mm$
- Peso específico de la arena $ps = 2.65 g/cm^3$
- Peso específico del agua $p = 1 g/cm^3$
- Profundidad útil desarenador asumido $hu = 2.5m$
- Relación ancho : largo del desarenador $B:L = 1:3$
- Borde libre del tanque $bl = 0.3m$
- Porcentaje de remoción $\% = 75$
- Grado del desarenador $n = 1$
- Temperatura del agua $T = 15^\circ C$
- Viscosidad dinámica a $15^\circ C$ $\mu = 0.01059 cm^2/s$
- Gravedad $g = 9.81 m/s^2$

- Velocidad de sedimentación de la partícula:

$$V_s = \frac{g(p_s - p)}{18\mu} d^2$$

$$V_s = \frac{9.81m/s^2(2.65gr/cm^3 - 1gr/cm^3)}{18(0.01059 cm^2/s)} (0.1mm)^2$$

$$V_s = 0.849cm/s$$

- Obtener de la siguiente tabla, número de Hazen (Θ/t), con % de remoción y grado del sedimentador (n)

Tabla 26. Número de Hazen

Condiciones deflectores (Rendimiento)	Remoción %							
	87.5	80	75	70	65	60	55	50
n=1	7.00	4.00	3.00	2.30	1.80	1.50	1.30	1.00
n=3	2.75							0.76
n=4	2.37							0.73
Máximo teórico	0.88			0				0.50

Fuente: El Autor

- Tiempo de sedimentación de la partícula de diseño:

H= 250cm

Vs= 0.849cm/s

$$t = \frac{H}{V_s}$$

$$t = \frac{250cm}{0.849cm/s}$$

$$t = 294.46s = 4.91min$$

- Período de retención hidráulica:

$$\theta = t * \# \text{ de Hazen}$$

$$\theta = 294.46s * 3$$

$$\theta = 889.38s = 0.25 \text{ horas} = 14.82min$$

$$\theta < 20min$$

$$14.82min < 20min \quad OK$$

- Cálculo del volumen del tanque

$$V = \theta * Q$$

$$V = 889.38s * 0.150m^3/s$$

$$V = 133,40 m^3$$

- **Cálculo del área superficial del tanque:**

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

$$A_s = \frac{133,40m^3}{2,50m}$$

$$A_s = 53,36m^2$$

- **Cálculo de las dimensiones del tanque:**

B:L = 1:3, Z=3

$$B = \sqrt{\frac{A_s}{Z}}$$

$$B = \sqrt{\frac{53,36m^2}{3}}$$

$$B = 4,21 m$$

$$B = 4 m$$

$$L = 12 m$$

Por facilidad del mantenimiento, se decide ampliar a un B de 4 m

- **Cálculo de carga hidráulica superficial del tanque:**

$$q = \frac{Q}{A_s}$$

$$q = \frac{0,150 m^3/s}{53,36 m^2}$$

$$q = 0,0028m/s$$

$$q = 244,865 m/d$$

- **Chequeo del diámetro de la partícula crítica, que debe ser menor a la partícula de diseño:**

$$q = V_0$$

$$V_0 = 0,00281m/s = 0,281 cm/s$$

$$d_0 = \sqrt{\frac{V_0 * 18 * \mu}{g(p_s - p)}}$$

$$d_0 = \sqrt{\frac{0.00281m/s * 18 * 0.01059 \text{ cm}^2/s}{9.81m/s^2(2.65gr/cm^3 - 1gr/cm^3)}}$$

$$d_0 = 0.00592cm = 0.059mm$$

partícula de diseño = 0.1mm

$$0.059mm < 0.1mm \text{ OK}$$

- **Chequeo:**

$$\frac{\theta}{t} = \frac{V_s}{V_0}$$

$$3 = \frac{0.849cm/s}{0.281cm/s}$$

$$3 = 3 \text{ OK}$$

- **Chequeo velocidad horizontal respecto a la máxima recomendada:**

$$V_h = \frac{Q}{W} = \frac{V_0 * L}{H} < V_{max}$$

$$V_{max} = 20 * V_s$$

$$V_h < 0.17m/s$$

$$V_h = \frac{0.281cm/s * 1200 \text{ cm}}{250cm}$$

$$V_h = 1.349 \text{ cm/s} = 0.013 \text{ m/s}$$

$$0.013m/s < 0.17m/s \text{ OK}$$

$$V_{max} = 20 * 0.849cm/s$$

$$V_{max} = 16.98cm/s = 0.17m/s$$

$$0.013m/s < 0.17m/s \text{ OK}$$

- **Tiempo de retención**

$$t_{retención} = \frac{Vt}{Qt}$$

$$t_{retención} = \frac{133407lt}{150 lt/s}$$

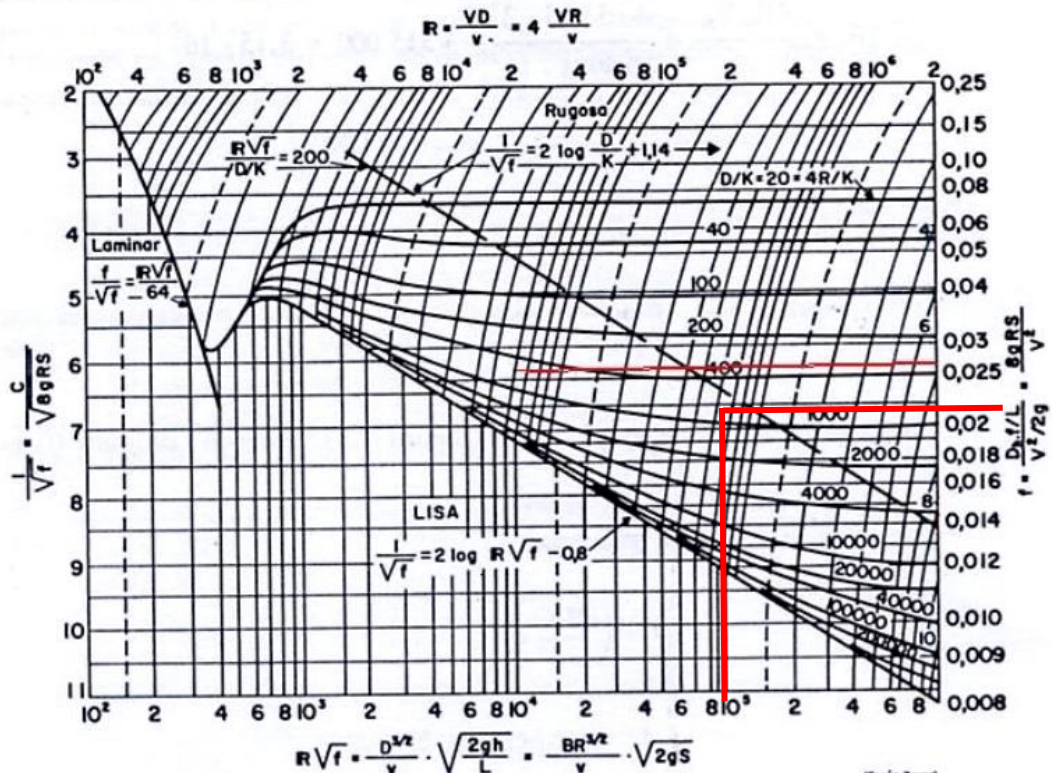
$$t_{retención} = 800 s = 13,33 \text{ min} = 0,22 \text{ hrs}$$

- Chequeo velocidad de resuspensión máxima:

Factor de forma (k)= 0.04 para arenas unigranulares no adheribles

Factor de rugosidad de la cámara (f) se obtiene en el siguiente gráfico:

Figura 18. Abaco



Fuente: El Autor.

$$f = 0.023$$

$$V_h < V_r = \sqrt{\frac{8 * k}{f} g * (p_s - p) * d}$$

$$V_r = \sqrt{\frac{8 * 0.04}{0.023} * \frac{9.81m}{s^2} * \left(\frac{2.65gr}{cm^3} - \frac{1.00gr}{cm^3} \right) * 0.1mm}$$

$$V_h = 1.35 \text{ cm/s}$$

$$V_r = 4.75 \text{ cm/s}$$

$$1.35 \text{ cm/s} < 4.38 \text{ cm/s} \quad OK$$

Tabla 27. Medidas calculadas teóricamente del desarenador.

MAGNITUD	TEÓRICO	UNIDAD
Largo útil	12	m
Ancho útil	4	m
Altura útil	2.50	m
Espesor de paredes y contrapiso	0.30	m

Fuente: El Autor

En la tabla 27, se puede observar las dimensiones calculadas teóricamente del desarenador que se propone aumentar en la planta de tratamiento de agua potable Santa Rita, tiene 12 m de largo, por 4 metros de ancho y por 2,50 m de altura, también contará con espesor de paredes y contrapiso de 30 centímetros.

CAPÍTULO III

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para evaluar el correcto funcionamiento de la PTAP de Santa Rita ubicada en la parroquia San Andrés perteneciente al cantón Píllaro, fue necesario realizar el análisis técnico de cada una de las unidades que conforman la planta; uno de los parámetros iniciales fue determinar el caudal actual a la que se encuentra funcionando.

La planta de tratamiento de agua potable Santa Rita, abastece su servicio a tres sectores que son San Andrés, Presidente Urbina y Píllaro, que con los datos que nos ofrece el INEC [29] de cada uno de estos sectores de los últimos tres censos realizados en el país y con cálculos se obtuvo que la población actual del año 2023 es de 31165 habitantes, estos son beneficiados de este servicio básico.

Se realizó mediciones de los caudales de entrada y de salida, y con eso se obtuvo como resultado el caudal actual que es de 117,27 lt/s, mientras que en el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Santiago de Píllaro [22] nos indica que el caudal con el que diseño la planta es de 150 lt/s.

Bajo las condiciones actuales de caudal de tratamiento, la planta se encuentra trabajando de una manera relativamente buena, encontrándose falencias en ciertas

unidades del tren de tratamiento; siendo en primera instancia la mezcla rápida, donde la dosificación del material coagulante es el insuficiente para garantizar una correcta sedimentación de las partículas ya que este actualmente los operadores realizan una dosificación empírica, por lo que se calculó las dosificaciones necesarias y se debe realizar una disolución de 4,22 kg de sulfato de aluminio en 3 litros de solvente para una hora.

El proceso de floculación funciona correctamente y aún está en la capacidad de tratar hasta el caudal diseñado, adicionalmente las pantallas utilizadas en la unidad de floculación requieren ser limpiadas o cambiadas para eliminar la presencia de partículas adheridas en las mismas.

Actualmente el sedimentador satisface la demanda actual, ya que el caudal de operación de la PTAP se encuentra por debajo del caudal de diseño y cumplen correctamente con los parámetros y rangos de diseño, por lo que mantiene los mismos.

Los filtros, cuentan con cinco unidades y cada uno cumple con los requerimientos necesarios bajo normativa, ya que en cada uno se realiza la limpieza cada tres horas, se decide mantener las mismas unidades.

Según lo establecido en la tabla 28., se ha cumplido con casi todos los parámetros establecidos en la norma INEN 1108 Y TULSMA , siendo el control de los sólidos totales los que sobrepasan el límite permisible; se debe mencionar que no se cuenta con un desarenador motivo por el cual en épocas de lluvia se complica el control de la turbidez, es así que se ha planteado la construcción del mismo para mitigar el problema y así asegurar la calidad del líquido vital que consume la población. Con esta propuesta se cumplirá que los sólidos totales estén dentro del rango permitido en norma.

3.1. Resultados del análisis de calidad de agua.

Tabla 11. Resultados del análisis de laboratorio de la muestra de agua de ingreso a la PTAP

PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADE S	RESULTAD O
-----------	------------------	--------------	---------------

Aceites y Grasas	AAA-PE-A001/ SM 5520 C	mg/L	< 0,1
Arsénico	AAA-PE-A023/ SM 3114 C, 3112 B. EPA 3015	mg/L	< 0,0005
Bario	AAA-PE-A022/ SM 3111 D. EPA 3015	mg/L	< 1,0
Cianuros	AAA-PE-A004/ SM 4500 – CN E.	mg/L	< 0,010
Cobre	AAA-PE-A022/ SM 3111 B. EPA 3015	mg/L	< 0,050
Coliformes Fecales NMP	AAA-PE-A101/ SM 9223 B	NMP/100m L	< 1,0
Color	AAA-PE-A007/ SM 2120 C	U. Pt-Co	25
Cromo Hexavalente	AAA-PE-A009/ SM3500 Cr B	mg/L	< 0,010
Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	AAA-PE-A010/ SM 5210 D	mg/L	12
Demanda Química de Oxígeno	AAA-PE-A011/ SM 5220 C y D	mg/L	17
Fluoruros	AAA-PE-A017/ SM 4500- F D	mg/L	0,13
Hierro	AAA-PE-A022/ SM 3111 B. EPA 3015	mg/L	< 0,25
Mercurio	AAA-PE-A023/ SM 3114 C, 3112 B. EPA 3015	mg/L	< 0,0010
Nitratos	AAA-PE-A024/ SM 4500- NO3 E.	mg/L	< 1,0
Nitritos	AAA-PE-A025/ SM 4500- NO2 E	mg/L	< 0,01

Selenio	AAA-PE-A023/ SM 3114 C, 3112 B. EPA 3015	mg/L	< 0,005
Sulfatos	AAA-PE-A037/ SM 4500 SO42- E	mg/L	< 10,0
Turbidez	AAA-PE-A038/ SM 2130 B	NTU	2,12
pH in situ	AAA-PI-A002/ SM 4500- H+ B	unid pH	7,5
Cadmio	EPA 6010 B / SM 3120B	mg/L	< 0,001
Plomo	EPA 6010 B / SM 3120B	mg/L	< 0,001
Sólidos totales	AAA-PE-A 101/ SM 9225 B	mg/L	925,55

Fuente: El Autor

Tabla 12. Resultados del análisis de laboratorio de la muestra de agua de salida a la PTAP

PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADE S	RESULTAD O
Aceites y Grasas	AAA-PE-A001/ SM 5520 C	mg/L	< 0,1
Arsénico	AAA-PE-A023/ SM 3114 C, 3112 B. EPA 3015	mg/L	< 0,0005
Bario	AAA-PE-A022/ SM 3111 D. EPA 3015	mg/L	< 1,0
Cianuros	AAA-PE-A004/ SM 4500 – CN E.	mg/L	< 0,010
Cobre	AAA-PE-A022/ SM 3111 B. EPA 3015	mg/L	< 0,050
Coliformes Fecales NMP	AAA-PE-A101/ SM 9223 B	NMP/100m L	< 1,0
Color	AAA-PE-A007/ SM 2120 C	U. Pt-Co	19
Cromo Hexavalente	AAA-PE-A009/ SM3500 Cr B	mg/L	< 0,010

Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	AAA-PE-A010/ SM 5210 D	mg/L	< 2
Demanda Química de Oxígeno	AAA-PE-A011/ SM 5220 C y D	mg/L	< 4
Fluoruros	AAA-PE-A017/ SM 4500-F D	mg/L	0,14
Hierro	AAA-PE-A022/ SM 3111 B. EPA 3015	mg/L	0,34
Mercurio	AAA-PE-A023/ SM 3114 C, 3112 B. EPA 3015	mg/L	< 0,0010
Nitratos	AAA-PE-A024/ SM 4500-NO3 E.	mg/L	< 1,0
Nitritos	AAA-PE-A025/ SM 4500-NO2 E	mg/L	< 0,01
Selenio	AAA-PE-A023/ SM 3114 C, 3112 B. EPA 3015	mg/L	< 0,005
Sulfatos	AAA-PE-A037/ SM 4500 SO42- E	mg/L	< 10,0
Turbidez	AAA-PE-A038/ SM 2130 B	NTU	1,67
pH in situ	AAA-PI-A002/ SM 4500-H+ B	unid pH	7,5
Cadmio	EPA 6010 B / SM 3120B	mg/L	< 0,001
Plomo	EPA 6010 B / SM 3120B	mg/L	< 0,001
Sólidos totales	AAA-PE-A 101/ SM 9225 B	mg/L	290,28

Fuente: El Autor

3.2.Comparación de resultados de análisis de calidad de agua con los criterios establecidos por el TULSMA Y NTE INEN 1108

Las tablas 13 y 14 indican la comparación de parámetros físico – químicos entre los resultados obtenidos del análisis de las muestras de agua cruda y tratada; y, los límites

máximos permisibles que se establecen en el TULSMA (Tabla 2) y en la NTE INEN 1108 (Tabla 4) y con esto determinar si la PTAP está funcionando correctamente.

Tabla 13. Comparación de los resultados obtenidos de la muestra de ingreso y los límites máximos permisibles según el TULSMA y la NTE INEN 1108

PARÁMETRO	U	INGRESO	LÍMITE MÁX. TULSMA 2015	LÍMITE MÁX. INEN 1108	CUMPLIMIENTO
Aceites y Grasas	mg/L	< 0,1	0,3	-	CUMPLE
Arsénico	mg/L	< 0,0005	0,05	0,01	CUMPLE
Bario	mg/L	< 1,0	1	0,7	CUMPLE
Cianuros	mg/L	< 0,010	0,1	0,07	CUMPLE
Cobre	mg/L	< 0,050	1	2	CUMPLE
Coliformes Fecales NMP	NMP/100 mL	1,0	600	<1,1	CUMPLE
Color	U. Pt-Co	25	100	15	CUMPLE
Cromo Hexavalente	mg/L	< 0,010	0,05	0,05	CUMPLE
Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	mg/L	12	2	-	CUMPLE
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	17	<4	-	CUMPLE
Fluoruros	mg/L	0,13	1,5	1,5	CUMPLE
Hierro	mg/L	< 0,25	1,0	-	CUMPLE
Mercurio	mg/L	< 0,0010	0,001	0,006	CUMPLE
Nitratos	mg/L	< 1,0	10	50	CUMPLE
Nitritos	mg/L	< 0,01	1	3,0	CUMPLE

Selenio	mg/L	< 0,005	0,01	0,04	CUMPLE
Sulfatos	mg/L	< 10,0	400	-	CUMPLE
Turbidez	NTU	2,12	100	5	CUMPLE
pH in situ	unid pH	7,5	6 – 9	-	CUMPLE
Cadmio	mg/L	< 0,001	0,01	0,003	CUMPLE
Plomo	mg/L	< 0,001	0,05	0,01	CUMPLE
Sólidos totales	mg/L	925,55	130	250	NO CUMPLE

Fuente: El Autor

Tabla 14. Comparación de los resultados obtenidos de la muestra de salida y los límites máximos permisibles según el TULSMA y la NTE INEN 1108

PARÁMETRO	U	SALIDA	LÍMITE MÁX. TULSMA 2015	LÍMITE MÁX. INEN 1108	CUMPLIMIENTO
Aceites y Grasas	mg/L	< 0,1	0,3	-	CUMPLE
Arsénico	mg/L	< 0,0005	0,05	0,01	CUMPLE
Bario	mg/L	< 1,0	1	0,7	CUMPLE
Cianuros	mg/L	< 0,010	0,1	0,07	CUMPLE
Cobre	mg/L	< 0,050	1	2	CUMPLE
Coliformes Fecales NMP	NMP/100mL	< 1,0	600	<1,1	CUMPLE
Color	U. Pt-Co	19	100	15	CUMPLE
Cromo Hexavalente	mg/L	< 0,010	0,05	0,05	CUMPLE
Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	mg/L	< 2	2	-	CUMPLE

Demanda Química de Oxígeno	mg/L	< 4	<4	-	CUMPLE
Fluoruros	mg/L	0,14	1,5	1,5	CUMPLE
Hierro	mg/L	0,34	1,0	-	CUMPLE
Mercurio	mg/L	< 0,0010	0,001	0,006	CUMPLE
Nitratos	mg/L	< 1,0	10	50	CUMPLE
Nitritos	mg/L	< 0,01	1	3,0	CUMPLE
Selenio	mg/L	< 0,005	0,01	0,04	CUMPLE
Sulfatos	mg/L	< 10,0	400	-	CUMPLE
Turbidez	NTU	1,67	100	5	CUMPLE
pH in situ	unid pH	7,5	6 - 9	-	CUMPLE
Cadmio	mg/L	< 0,001	0,01	0,003	CUMPLE
Plomo	mg/L	< 0,001	0,05	0,01	CUMPLE
Sólidos totales	mg/L	290,28	130	250	NO CUMPLE

Fuente: El Autor

Como indican las tablas 13 y 14, tanto el agua de ingreso como de salida de la PTAP, no cumplen con todos los límites máximos permisibles establecidos en el TULSMA y en la INEN 1108.

Tabla 28. Porcentaje de remoción del tratamiento actual de la PTAP Santa Rita.

PARÁMETRO	U	INGRESO	REMOCIÓN ACTUAL	SALIDA	LÍMITE MÁX. TULSMA /INEN	CUMPLIMIENTO
Aceites y Grasas	mg/L	< 0,1	0	< 0,1	0,3	CUMPLE
Arsénico	mg/L	< 0,0005	0	< 0,0005	0,05	CUMPLE
Bario	mg/L	< 1,0	0	< 1,0	1	CUMPLE

Cianuros	mg/L	< 0,010	0	< 0,010	0,1	CUMPLE
Cobre	mg/L	< 0,050	0	< 0,050	1	CUMPLE
Coliformes Fecales NMP	NMP/100 mL	< 1,0	0	<1,0	1,1	CUMPLE
Color	U. Pt-Co	25	0	19	100	CUMPLE
Cromo Hexavalente	mg/L	< 0,010	0	< 0,010	0,05	CUMPLE
Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	mg/L	12	83%	< 2	2	CUMPLE
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	17	76%	< 4	<4	CUMPLE
Fluoruros	mg/L	0,13	0	0,14	1,5	CUMPLE
Hierro	mg/L	< 0,25	0	0,34	1,0	CUMPLE
Mercurio	mg/L	< 0,0010	0	< 0,0010	0,001	CUMPLE
Nitratos	mg/L	< 1,0	0	< 1,0	10	CUMPLE
Nitritos	mg/L	< 0,01	0	< 0,01	1	CUMPLE
Selenio	mg/L	< 0,005	0	< 0,005	0,01	CUMPLE
Sulfatos	mg/L	< 10,0	0	< 10,0	400	CUMPLE
Turbidez	NTU	2,12	21%	1,67	100	CUMPLE
pH in situ	unid pH	7,5	-	7,5	6 - 9	CUMPLE
Cadmio	mg/L	< 0,001	0	< 0,001	0,01	CUMPLE
Plomo	mg/L	< 0,001	0	< 0,001	0,05	CUMPLE
Sólidos totales	mg/L	925,55	69%	290,28	250,00	NO CUMPLE

Fuente: El Autor

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Se realizó la evaluación de la planta de tratamiento de agua potable Santa Rita de la parroquia San Andrés del cantón Santiago de Píllaro de la provincia de Tungurahua, ubicada en las siguientes coordenadas, Latitud: 1°07'27"S, Longitud: 78°30'51"O, y en la cual se determinó que cada uno de sus procesos unitarios cumplen con el tratamiento establecido, pero también se determinó que al no existir en la entrada el proceso del desarenador no se remueven correctamente todas las partículas arrastradas por el agua. Los beneficiarios de este servicio son tres sectores del cantón, San Andrés, Presidente Urbina y Píllaro.
- Se realizó el levantamiento de información de la planta de tratamiento de agua potable, mediante la toma de caudales de ingreso y de salida, también se efectuó el levantamiento planímetro y fotogramétrico con los instrumentos y materiales necesarios, con el fin de determinar las dimensiones de cada proceso de tratamiento para luego proceder con los planos actuales y los planos de propuesta en base a los cálculos realizados dentro de esta investigación.
- Se ejecutó el análisis físico químico de agua del afluente y efluente de la planta de tratamiento de agua potable Santa Rita, mediante un laboratorio especializado; donde nos indica el resultado de cada parámetro que debe cumplir el agua mediante normativa.
- Se evaluó el funcionamiento de la planta de tratamiento de agua potable y con los resultados obtenidos se realizó una comparación con normativa vigente cumpliendo la mayoría, excepto de uno, el incumplimiento de sólidos totales de 290,28 mg/L que superan al máximo indicado en normativa TULSMA e INEN 1108 que es de 250 mg/L.

- Se realizó una propuesta de mejoramiento de la planta de tratamiento de agua potable Santa Rita, implementando el proceso del desarenador, por lo cual se realizó los cálculos pertinentes obteniendo las dimensiones de 12 metros de largo, por 4 metros de ancho y por 2,50 metros de altura, también contara con espesor de paredes y contrapiso de 30 centímetros.
- Se determinó mediante la medición de caudales durante siete días consecutivos por nueve horas diarias, que no existen caudales atípicos, por lo que se pudo calcular el caudal máximo horario mediante el método estadístico de 106.60 lt/s y además se consideró el factor de seguridad del 10%, dando como resultado 117,27 lt/s, el cual se tomo en cuenta para el diagnóstico y evaluación de los procesos de la planta de tratamiento de agua potable Santa Rita.

4.2 Recomendaciones

- Se recomienda que el personal que labore en la planta de tratamiento de agua potable este totalmente calificado y capacitado para que el manteniendo y limpieza de cada proceso.
- Se recomienda utilizar los implementos necesarios al momento de manejar cualquier sustancia química que necesite el agua, para evitar cualquier percance en los operadores y en los consumidores.
- Se recomienda implementar el equipo tecnológico necesario para llevar un monitorio continuo del tratamiento de agua, debido a que la dosificación del sulfato de aluminio se esta realizando de manera empírica.
- Se recomienda realizar el análisis físico químico del agua en un laboratorio calificado, y que este se realice una vez al año para poder controlar la eficiencia de los procesos unitarios, y los beneficiaros puedan satisfacerse del servicio.

- Se debe realizar una limpieza o remplazo de las unidades de floculación vertical y de los seditubos, para mitigar la retro contaminación del agua en tratamiento.

C. MATERIALES DE REFERENCIA

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Manuel Guerrero Legarreta, «El Agua,» La Ciencia para Todos, 2012.
- [2] Universidad de los Andres, «El Agua,» Los Andres.
- [3] Naciones Unidas Ecuador, «Día del Agua: garantizar la disponibilidad de agua y el saneamiento en la región andina,» 2023.
- [4] Organización Mundial de la Salud, «Agua pra consumo humano,» 2022.
- [5] Organización Meteorológica Mundial, 1997.
- [6] A. Vera, «Agua, Saneamiento e Higiene: medición de los ODS en Ecuador,» Quito, 2018.
- [7] Proframa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, «Informe sobre el estado del medio ambiente,» Quito, 2008.
- [8] Constitución de la Republica del Ecuador, «Constitución de la Republica del Ecuador,» Ecuador, 2008.
- [9] Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente Oficina Regional para América Latina y el Caribe, «Informe sobre el estado del medio ambiente,» Rispergraf, Quito, 2008.
- [10] Fernandez, «El agua: un recurso esencial,» Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales, 2012.

- [11] Arizaga, «Evaluación de la planta de tratamiento de agua potable de la ciudad de Vinces,» Guayaquil, 2016.
- [12] Perez, «Diagnóstico y evaluación de la planta de tratamiento de agua potable del municipio de Guateque en el departamento de Boyacá.,» Bogotá, 2016.
- [13] Instituto Ecuatoriano de Normalización, «Normas para Estudio y Diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes,» INEN, Ecuador, 1992.
- [14] S. Vargas, «Estudio y diseño de la captación, conducción, planta de tratamiento y distribución del sistema de agua potable de la comunidad de Ambatillo alto en la parroquia de Ambatillo, provincia de Tungurahua, para su posterior construcción.,» Ambato, 2011.
- [15] M. Camacho, «Control y evaluación de la planta de tratamiento de agua potable y su incidencia en la calidad de vida de los habitantes de Caluma nuevo del cantón Caluma, provincia de Bolívar,» Ambato, 2014.
- [16] X. Cabrera, «Estudio del proceso de coagulación-floculación de aguas residuales de la empresa textil "Desembarco del Granma" a escala de laboratorio.,» Tecnología Química Vo. XXIX, 2009.
- [17] E. Hernández, «Diseño y Construcción de una Planta Modelo de Tratamiento para la Potabilización de Agua, se dispondrá en el Laboratorio de aguas de la Universidad Católica de Colombia.,» Universidad Católica de Colombia, Bogotá, 2017.
- [18] M. Romero, «Tratamientos utilizados en potabilización de agua,» Universidad Rafael Landívar, Guatemala, 2018.
- [19] TULSMA, «Normal de Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes: Recurso Agua,» Ecuador, 2017.
- [20] NTE INEN 1108, «Agua para consumo Humano, Requisitos.,» INEN, Ecuador, 2020.

- [21] GADM SANTIAGO DE PÍLLARO, «Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Santiago de Píllaro,» [En línea].
- [22] GADM Santiago de Pillaro, «Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Santiago de Píllaro,» Píllaro, 2020.
- [23] INEN 2176, «Agua. Calidad del agua. Muestreo. Técnicas de muestreo.,» Ecuador, 1998.
- [24] INEN 2169, «Agua. Calidad del agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestras.,» Ecuador, 1998.
- [25] INEN 2655, «Implementación de Plantas Potabilizadoras Prefabricadas en Sistemas Públicos de Agua Potable.,» Ecuador, 2012.
- [26] Norma CO 10.7-602, «Norma de Diseño para Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, disposición de Excretas y Residuos Líquidos en el área Rural,» Ecuador, 2021.
- [27] CPE INEN 5, «Código de Práctica Para el Diseño de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, Disposición de Excretas y Residuos Líquidos en el área Rural.,» Ecuador, 1997.
- [28] RAS 2000, «Reglamento Técnico del sector de Agua Potable y Saneamiento Básico.,» Bogota., 2000.
- [29] INEC, *Instituto Nacional de Estadística y Censos*, Ecuador.
- [30] Y. Andia, «SEDAPAL, Evaluación de Plantas y Desarrollo Tecnológico,» Lima, 2000.
- [31] M. Camacho, «Control y evaluación de la planta de tratamiento de agua potable y su incidencia en la calidad de vida de los habitantes de Caluma Nuevo del cantón Caluma-Provincia de Bolívar.,» UTA, Ambato, 2014.
- [32] S. Tenelema Guamán, de *DISEÑO DE UN ELECTROCOAGULADOR PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA INDUSTRIA LÁCTEA*

FAMILAC DEL CANTÓN CHAMBO, Riobamba, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2019.

- [33] M. A. Arellano, «Diseño hidráulico de plantas de tratamiento de agua potable,» Universidad Politécnica Salesiana, Quito, 2022.
- [34] UNATSABAR, «Guía para diseño de sistemas de tratamiento de filtración en múltiples etapas.,» Lima, 2005.
- [35] J. Arboleda, «Eficiencia de la desinfección,» *Teoría y práctica de la Purificación del agua*, p. 5, 1992.
- [36] S. T. Guamán, «Diseño de un Electrocoagulador para el tratamiento de aguas residuales de la Industria láctea Familac del cantón Chambo,» Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2019, 2019.

ANEXOS

ANEXO 1.- FOTOGRAFÍAS.

Figura 19. Ubicación de la PTAP



Fuente: El Autor.

Figura 20. PTAP Santa Rita.



Fuente: El Autor.

Figura 21. Entrada de agua a la PTAP



Fuente: El Autor.

Figura 22. Levantamiento de información en campo.



Fuente: El Autor.

ANEXO 2.- DOCUMENTOS



ANALITICA AVANZADA - ASESORIA Y LABORATORIOS ANAVANLAB CIA. LTDA.

Matriz: La Primavera I, Leonardo da Vinci 56-236 y Alberto Durero, Cumbaya.
Contactos: 3550852 / 5143303 / servicioalcliente@aanalab.com.ec


Sucursal: Avenida 9 de Octubre y Miguel Gamboa esquina, El Coca



INFORME DE RESULTADOS No. 40193							
1.- DATOS GENERALES							
CLIENTE:	EVA DOMENICA TOALOMBO PACHECO			TELEFONO:	03 2754129		
DIRECCION:	AMBATO/SANTA ROSA/CENTRO			ATENCION A:	DOMENICA TOALOMBO		
2.- INFORMACION DE LA MUESTRA		INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:	CUMPLE	LUGAR DE TOMA DE MUESTRA:	SANTA RITA		
TIPO DE MUESTRA:	AGUA CONSUMO			FECHA DE TOMA DE MUESTRA:	30/05/2023		
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	RED DE DISTRIBUCION SANTA RITA			RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	DOMENICA TOALOMBO		
FECHA DE RECEPCION MUESTRA:	30/05/2023			PERIODO DE REALIZACION DE ANALISIS:	31/05/2023 al 14/06/2023		
NORMA: AM097A, ANEXO 1, TABLA 1. CRITERIOS CALIDAD FUENTES DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y DOMESTICO							
3.- RESULTADOS							
AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	VALORES NORMA	CUMPLIMIENTO*	+/- % U**
1	Acetres y Grasas	AAA-PE-A001/ SM 5520 C	mg/L	< 0,1	0,3	CUMPLE	32,2%
1	Arsénico	AAA-PE-A023/ SM 3114 C, 3112 B. EPA 3015	mg/L	< 0,0005	0,1	CUMPLE	25,9%
1	Bario	AAA-PE-A022/ SM 3111 D. EPA 3015	mg/L	< 1,0	1	CUMPLE	20,0%
1	Cianuros	AAA-PE-A004/ SM 4500 - CN E.	mg/L	< 0,010	0,1	CUMPLE	16,6%
1	Cobre	AAA-PE-A022/ SM 3111 B. EPA 3015	mg/L	< 0,050	2	CUMPLE	20,0%
1	Coliformes Fecales NMP	AAA-PE-A101/ SM 9223 B	NMP/100mL	1,0	1000	CUMPLE	NA
1	Color	AAA-PE-A007/ SM 2120 C	U. Pt-Co	25	75	CUMPLE	18,3%
1	Cromo Hexavalente	AAA-PE-A009/ SM3500 Cr B	mg/L	< 0,010	0,05	CUMPLE	16,6%
1	Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	AAA-PE-A010/ SM 5210 D	mg/L	12	<2	CUMPLE	23,1%
1	Demanda Química de Oxígeno	AAA-PE-A011/ SM 5220 C y D	mg/L	17	<4	CUMPLE	18,7%
1	Fluoruros	AAA-PE-A017/ SM 4500-F D	mg/L	0,13	1,5	CUMPLE	3,8%
1	Hierro	AAA-PE-A022/ SM 3111 B. EPA 3015	mg/L	< 0,25	1,0	CUMPLE	25,5%
1	Mercurio	AAA-PE-A023/ SM 3114 C, 3112 B. EPA 3015	mg/L	< 0,0010	0,006	CUMPLE	17,7%
1	Nitratos	AAA-PE-A024/ SM 4500-NO3 E.	mg/L	< 1,0	50,0	CUMPLE	18,3%
1	Nitritos	AAA-PE-A025/ SM 4500-NO2 E	mg/L	< 0,01	0,2	CUMPLE	16,6%
1	Selenio	AAA-PE-A023/ SM 3114 C, 3112 B. EPA 3015	mg/L	< 0,005	0,01	CUMPLE	20,0%
1	Sulfatos	AAA-PE-A037/ SM 4500 SO42- E	mg/L	< 10,0	500	CUMPLE	13,4%
1	Turbidez	AAA-PE-A038/ SM 2130 B	NTU	2,12	100	CUMPLE	1,0%
1	pH in situ	AAA-PI-A002/ SM 4500-H+ B	unid pH	7,5	6 - 9	CUMPLE	1,0%
2	Cadmio	EPA 6010 B / SM 3120B	mg/L	< 0,001			NA
2	Plomo	EPA 6010 B / SM 3120B	mg/L	< 0,001	0,01	CUMPLE	NA
2	Sólidos Totales	AAA-PE-A007/ SM 2125 C	mg/L	925,55	250	NO CUMPLE	NA
AA (Acreditaciones):				NOTAS			
1: Ensayos dentro del alcance de acreditación del SAE realizados en Matriz Quito.		2: Ensayos subcontratados acreditados. Ver observaciones.		* Interpretaciones fuera del alcance de acreditación SAE.			
3: Ensayos dentro del alcance de acreditación del SAE realizados en Sucursal Coca.		4: Ensayos subcontratados no acreditados. Ver observaciones.		** INCERTIDUMBRE (U%): Los valores se han estimado con k=2, nivel de confianza 95,45%.			

MC0703-08

Se prohíbe su reproducción total o parcial sin autorización de ANAVANLAB CIA LTDA.

(*) Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el Alcance de Acreditación SAE.	ANAVANLAB asume la responsabilidad por los análisis subcontratados.	Procedimiento de Toma de muestra utilizado por ANAVANLAB: AAA-PI-A003 / AAA-PI-S001
El presente Informe solo afecta a la muestra analizada. Si el cliente suministró la muestra, su información y sus resultados aplican a la muestra como se recibió.		
Este Informe es de propiedad del cliente y se considera de carácter privado y confidencial. Los datos suministrados por el cliente se detallan en el apartado de Datos Generales, y en el de Identificación de la muestra cuando aplique.		
4.-OBSERVACIONES Resultados de Cadmio y Plomo realizado en el Laboratorio ALS ECUADOR, Acreditado por el SAE LEN 05-005.	INFORME REVISADO Y AUTORIZADO POR: Lcda. Alejandra Hidalgo Gerente Técnica ANAVANLAB CIA. LTDA. Quito, 13/06/2023	

INFORME DE RESULTADOS No. 40194


1.- DATOS GENERALES			
CLIENTE:	EVA DOMENICA TOALOMBO PACHECO	TELEFONO:	03 2754129
DIRECCION:	AMBATO/SANTA ROSA/CENTRO	ATENCION A:	DOMENICA TOALOMBO

2.-INFORMACION DE LA MUESTRA	INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:	CUMPLE	LUGAR DE TOMA DE MUESTRA:	SANTA RITA
TIPO DE MUESTRA:	AGUA CONSUMO		FECHA DE TOMA DE MUESTRA:	30/05/2023
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	RED DE DISTRIBUCION SANTA RITA		RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	DOMENICA TOALOMBO
FECHA DE RECEPCION MUESTRA:	30/05/2023		PERIODO DE REALIZACION DE ANALISIS:	31/05/2023 al 14/06/2023

3.-RESULTADOS NORMA: AM097A, ANEXO 1, TABLA 1. CRITERIOS CALIDAD FUENTES DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y DOMESTICO

AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	VALORES NORMA	CUMPLIMIENTO*	+/- % U**
1	Aceites y Grasas	AAA-PE-A001/ SM 5520 C	mg/L	< 0,1	0,3	CUMPLE	32,2%
1	Arsénico	AAA-PE-A023/ SM 3114 C, 3112 B. EPA 3015	mg/L	< 0,0005	0,1	CUMPLE	25,9%
1	Bario	AAA-PE-A022/ SM 3111 D. EPA 3015	mg/L	< 1,0	1	CUMPLE	20,0%
1	Cianuros	AAA-PE-A004/ SM 4500 - CN E.	mg/L	< 0,010	0,1	CUMPLE	16,6%
1	Cobre	AAA-PE-A022/ SM 3111 B. EPA 3015	mg/L	< 0,050	2	CUMPLE	20,0%
1	Coliformes Fecales NMP	AAA-PE-A101/ SM 9223 B	NMP/100mL	1,0	1000	CUMPLE	NA
1	Color	AAA-PE-A007/ SM 2120 C	U. Pt-Co	19	75	CUMPLE	18,3%
1	Cromo Hexavalente	AAA-PE-A009/ SM3500 Cr B	mg/L	< 0,010	0,05	CUMPLE	16,6%
1	Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	AAA-PE-A010/ SM 5210 D	mg/L	<2	<2	CUMPLE	23,1%
1	Demanda Química de Oxígeno	AAA-PE-A011/ SM 5220 C y D	mg/L	<4	<4	CUMPLE	18,7%
1	Fluoruros	AAA-PE-A017/ SM 4500-F D	mg/L	0,14	1,5	CUMPLE	3,8%
1	Hierro	AAA-PE-A022/ SM 3111 B. EPA 3015	mg/L	0,34	1,0	CUMPLE	25,5%
1	Mercurio	AAA-PE-A023/ SM 3114 C, 3112 B. EPA 3015	mg/L	< 0,0010	0,006	CUMPLE	17,7%
1	Nitratos	AAA-PE-A024/ SM 4500-N03 E.	mg/L	< 1,0	50,0	CUMPLE	18,3%
1	Nitritos	AAA-PE-A025/ SM 4500-N02 E	mg/L	< 0,01	0,2	CUMPLE	16,6%
1	Selenio	AAA-PE-A023/ SM 3114 C, 3112 B. EPA 3015	mg/L	< 0,005	0,01	CUMPLE	20,0%
1	Sulfatos	AAA-PE-A037/ SM 4500 S042- E	mg/L	< 10,0	500	CUMPLE	13,4%
1	Turbidez	AAA-PE-A038/ SM 2130 B	NTU	1,67	100	CUMPLE	1,0%
1	pH in situ	AAA-PI-A002/ SM 4500-H+ B	unid pH	7,5	6 - 9	CUMPLE	1,0%
2	Cadmio	EPA 6010 B / SM 3120B	mg/L	< 0,001			NA
2	Plomo	EPA 6010 B / SM 3120B	mg/L	< 0,001	0,01	CUMPLE	NA
2	Sólidos Totales	AAA-PE-A007/ SM 2125 C	mg/L	290,28	250	NO CUMPLE	NA

AA (Acreditaciones):		NOTAS
1: Ensayos dentro del alcance de acreditación del SAE realizados en Matriz Quito.	2: Ensayos subcontratados acreditados. Ver observaciones.	*Interpretaciones fuera del alcance de acreditación SAE.
3: Ensayos dentro del alcance de acreditación del SAE realizados en Sucursal Coca.	4: Ensayos subcontratados no acreditados. Ver observaciones.	**INCERTIDUMBRE (U%): Los valores se han estimado con k=2, nivel de confianza 95,45%.

(*) Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el Alcance de Acreditación SAE.	ANAVANLAB asume la responsabilidad por los análisis subcontratados.	Procedimiento de Toma de muestra utilizado por ANAVANLAB: AAA-PI-A003 / AAA-PI-S001
El presente Informe solo afecta a la muestra analizada. Si el cliente suministró la muestra, su información y sus resultados aplican a la muestra como se recibió.		
Este Informe es de propiedad del cliente y se considera de carácter privado y confidencial. Los datos suministrados por el cliente se detallan en el apartado de Datos Generales, y en el de Identificación de la muestra cuando aplique.		
4.-OBSERVACIONES Resultados de Cadmio y Plomo realizado en el Laboratorio ALS ECUADOR, Acreditado por el SAE LEN 05-005.	INFORME REVISADO Y AUTORIZADO POR: Leda. Alejandra Hidalgo Gerente Técnica ANAVANLAB CIA. LTDA. Quito, 13/06/2023	

ANEXO 3.- PLANOS

