UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD CIENCIAS DE LA VIDA

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TEMA:

PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA UNIDAD EDUCATIVA TANTSA, PARROQUIA SIMÓN BOLÍVAR, CANTÓN PASTAZA.

AUTOR(ES):

Luis Fernando Bosquez Tuglema

Jairo David Grefa Tanguila

DOCENTE - TUTOR:

Msc. Leo Maximiliano Rodríguez Badillo

Puyo - Pastaza - Ecuador

2023

UEA
UNIVERSIDAD
ESTATAL AMAZÓNICA

FORMATO 4
APROBACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

En el siguiente cuadro se detalla un conjunto de criterios a evaluar con un total de cien (100) puntos.

Criterios	Puntaje	Argumentos de la calificación
1. TÍTULO		
El título es conciso e informativo de la idea principal del escrito. Genera expectativas de lectura que se cumplen.	5.0 / 5	Cumple
2. RESUMEN		
Entrega información necesaria que oriente al lector a identificar de que se trata la investigación y su relevancia. Incorpora los objetivos, metodología, principales harrazgos y conclusiones.	5.0 / 5	Cumple
3. INTRODUCCIÓN		
Entrega información sobre temática a tratar. Describe la relevancia del tema dentro de las temáticas de investigación, vinculación y docencia. Presentación del problema y objetivos del problema del artículo de manera clara y concisa.	20.0 / 20	Cumple
4. MARCO TEÓRICO		
Marco teórico coherente y articulado con los objetivos. Entrega conceptos de términos que son empleados en el estudio. Sustenta el referente conceptual con adecuadas fuentes de autoridad.	15.0 / 15	Cumple
5. METODOLOGÍA		
Describe el tipo de investigación a desarrollar. Expone con claridad el procesamiento de la información y obtención de los datos. Plantea los criterios de análisis con que se abordo la información.	15.0 / 15	Cumple

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS		
Entrega los resultados de manera organizada a partir del problema planteado, objetivos específicos, etc. Los cuadros y figuras son pertinentes y estan claramente representados. El texto no repite infromación entregada en los cuadros y figuras.	25.0 / 25	Cumple
7. CONCLUSIONES		
Las conclusiones deben ser claras y precisas, acorde a los objetivos trazados. Discute, reflexiona sobre los resultados obtenidos.	9.0 / 10	La última conclusión es una afirmación que no ha sido estudiada en la investigación pues no se aprecia la realización de un análisis económico, ni energético durante el diseño de la planta.
8. REFERENCIAS		
Atiende las normas APA en las citas, fuentes y referencias. Las referencias bibliográficas tienen la fuente en el texto y viceversa.	5.0 / 5	Cumple
VALORACIÓN TOTAL	99	NOVENTA Y NUEVE

DICTAMEN

Marque la casilla correspondiente a su criterio de evaluación respecto al documento revisado.

Recomendación	Marque con X
Aprobar	X
No Aprobar	
CALIFICACIÓN	99

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
ESTELA
GUARDADO

ESTELA GUARDADO YORDI (PAR CIEGO)

Dado en la ciudad de PUYO, a los 12 días del mes de SEPTIEMBRE de 2023

UEA
UNIVERSIDAD
ESTATAL AMAZÓNICA

FORMATO 4
APROBACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

En el siguiente cuadro se detalla un conjunto de criterios a evaluar con un total de cien (100) puntos.

Criterios	Puntaje	Argumentos de la calificación
1. TÍTULO		
El título es conciso e informativo de la idea principal del escrito. Genera expectativas de lectura que se cumplen.	5.0 / 5	Cumple con todo lo establecido
2. RESUMEN		
Entrega información necesaria que oriente al lector a identificar de que se trata la investigación y su relevancia. Incorpora los objetivos, metodología, principales harrazgos y conclusiones.	5.0 / 5	Cumple con todo lo establecido
3. INTRODUCCIÓN		
Entrega información sobre temática a tratar. Describe la relevancia del tema dentro de las temáticas de investigación, vinculación y docencia. Presentación del problema y objetivos del problema del artículo de manera clara y concisa.	20.0 / 20	Cumple con todo lo establecido
4. MARCO TEÓRICO		
Marco teórico coherente y articulado con los objetivos. Entrega conceptos de términos que son empleados en el estudio. Sustenta el referente conceptual con adecuadas fuentes de autoridad.	15.0 / 15	Cumple con todo lo establecido
5. METODOLOGÍA		
Describe el tipo de investigación a desarrollar. Expone con claridad el procesamiento de la información y obtención de los datos. Plantea los criterios de análisis con que se abordo la información.	15.0 / 15	Cumple con todo lo establecido

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS		
Entrega los resultados de manera organizada a partir del problema planteado, objetivos específicos, etc. Los cuadros y figuras son pertinentes y estan claramente representados. El texto no repite infromación entregada en los cuadros y figuras.	25.0 / 25	Cumple con todo lo establecido
7. CONCLUSIONES		
Las conclusiones deben ser claras y precisas, acorde a los objetivos trazados. Discute, reflexiona sobre los resultados obtenidos.	10.0 / 10	Cumple con todo lo establecido
8. REFERENCIAS		
Atiende las normas APA en las citas, fuentes y referencias. Las referencias bibliográficas tienen la fuente en el texto y viceversa.	5.0 / 5	Cumple con todo lo establecido
VALORACIÓN TOTAL	100	CIEN

DICTAMEN

Marque la casilla correspondiente a su criterio de evaluación respecto al documento revisado.

Recomendación	Marque con X
Aprobar	X
No Aprobar	
CALIFICACIÓN	100

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
LUIS RAMON BRAVO

LUIS RAMÓN BRAVO SÁNCHEZ (PAR CIEGO)

Dado en la ciudad de PUYO, a los 11 días del mes de SEPTIEMBRE de 2023

Firmado electrónicamente por:
LEO MAXIMILIANO RODRIGUEZ BADILLO

Document Information

Analyzed document	Revision para Urkund 1.docx (D173622840)
Submitted	2023-09-09 06:31:00
Submitted by	LEO RODRIGUEZ
Submitter email	lrodriguez@uea.edu.ec
Similarity	9%
Analysis address	lrodriguez.uea@analysis.urkund.com

Sources included in the report

W	URL: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/48613/1/S2200923_es.pdf Fetched: 2023-09-09 06:32:00	2
W	URL: http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/5164/1/Mendoza%20Rodr%C3%ADguez%20Kleyton%20I... Fetched: 2023-09-09 06:32:00	3
W	URL: http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/12157/Trabajo%20de%20grado.pd... Fetched: 2023-09-09 06:32:00	3
SA	**Diseño de Un sistema Anaerobio - Cristian Palma.docx** Document Diseño de Un sistema Anaerobio - Cristian Palma.docx (D112526585)	1
SA	**Proy. de grado - Jurgen Teran Valdez.pdf** Document Proy. de grado - Jurgen Teran Valdez.pdf (D144706351)	2
W	URL: https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/CONAGUA%202015.%20Manual%20Filtros... Fetched: 2023-09-09 06:32:00	1
SA	**Tesis Pilahuin7.docx** Document Tesis Pilahuin7.docx (D10946290)	2
W	URL: http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/2920/1/T026_70859755_T.pdf Fetched: 2023-09-09 06:32:00	1
W	URL: https://repositorio.uea.edu.ec/bitstream/123456789/831/1/T.AMB.B.UEA.%20%203270.pdf Fetched: 2023-09-09 06:32:00	2
W	URL: https://repositorio.unemi.edu.ec/bitstream/123456789/7010/1/MERO%20ALCIVAR%20KENDY%20XIMENA.pdf Fetched: 2023-09-09 06:32:00	1
W	URL: https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/24368/1/TTS1178.pdf Fetched: 2023-09-09 06:32:00	1
W	URL: http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/11982/ANALISIS%20DE%20LOS%20L... Fetched: 2023-09-09 06:33:00	3
SA	**Alisson Espada.pdf** Document Alisson Espada.pdf (D151288886)	1

Propuesta de diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales para la Unidad Educativa Tantsa, parroquia Simón Bolívar, cantón Pastaza.

Bosquez Tuglema Luis Fernando[1]

lf.bosquezt@uea.edu.ec

Grefa Tanguila Jairo David[1]

jd.grefat@uea.edu.ec

Rodríguez Badillo Leo Maximiliano, M. Sc[2]

lrogriguez@uea.edu.ec

Universidad Estatal Amazónica, Facultad de Ciencias de la Vida, Carrera de Ingeniería Ambiental (1)

Resumen

La presente investigación, establece la presentación y dimensionamiento de una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) para la Unidad Educativa Tantsa, proyectado para 10 años a partir de información primaria y secundaria. Los factores adversos están centrados en el despilfarro de aguas residuales generadas por la institución, esto se debe a que no dispone de servicios básicos de alcantarillado sanitario; por este motivo las aguas residuales se disponen a un sistema de tanques sépticos, pero que ya han sobrepasado su vida útil y no tienen la capacidad de retener la carga del volumen residual, contaminando a cuerpos cercanos ríos y esteros. Para ello, se propone diseñar un sistema de tratamiento comprendida por cuatro fases; pretratamiento (cribado y desarenado), tratamiento primario (sedimentador primario), tratamiento secundario; Filtro Anaeróbico de Flujo Ascendente (FAFA) (sedimentador secundario) y tratamiento terciario (cloración). De esta forma se estima los cálculos de caudales, y dimensionamiento por cada fase, empleando métodos cualitativas y cuantitativas

Palabras clave: PTAR, sedimentador, filtro anaerobio, agua residual, DBO

Abstract

The present investigation establishes the presentation and sizing of a wastewater treatment plant (PTAR) for the Tantsa Educational Unit, projected for 10 years from

primary and secondary information. The adverse factors are focused on the waste of wastewater generated by the institution, this is due to the fact that it does not have basic sanitary sewerage services; For this reason, the wastewater is disposed of in a system of septic tanks, but which have already exceeded their useful life and do not have the capacity to retain the load of the residual volume, contaminating nearby bodies of rivers and estuaries. For this, it is proposed to design a treatment system comprised of four phases; pretreatment (screening and desanding), primary treatment (primary settler), secondary treatment; Upflow Anaerobic Filter (FAFA) (secondary settler) and tertiary treatment (chlorination). In this way, the flow calculations are estimated, and sizing for each phase, using qualitative and quantitative methods

Key words: WWTP, settling tank, anaerobic filter, wastewater, BOD.

1. INTRODUCCIÓN

La Agenda del Desarrollo Sostenible (ODS) (2023), y la Organización de las Naciones Unidas (ONU) (2018), mencionan que el agua es un tema central y de vital interés en la adquisición de energías renovables y la producción de alimentos, así como en muchas otras diligencias humanas. El recurso hídrico no simplemente es fundamental para sobrevivir, sino también para mantener el ciclo hidrológico, ambiental, social y cultural (Azoulay, 2021a). Por otro lado, en América latina, alrededor del 89% de sus habitantes, 582 millones tenían acceso de una u otra manera al saneamiento ambiental básico del 55%, el 67% se encontraba unida a un sistema de alcantarillado, 19% en zonas rurales y 78% en zonas urbanas y solamente el 34% contaba con conexión a un sistema de alcantarillado los cuales incorporan un tratamiento de aguas residuales (Morgan & Co, 2021).

En el Ecuador solo el 62% de la población trata sus aguas, el resto no usa ningún tipo de sistema de tratamientos, la Sierra es la región que posee mayor número en cuanto a la disponibilidad de las (PTAR) abarcando el 50% del total del país; la Costa el 31%; 18,5 % en la Amazonía y finalmente el 0,5% restante le pertenece a la región Insular (AME-INEC, 2017). Los problemas ambientales en el país en su mayoría son producidos por la emanación de aguas residuales, las cuales causan dificultad de purificación ambiental al ser vertidas a las fuentes hídricas sin ningún tipo de

tratamiento, crean fuentes de contaminación que amenazan al medio natural y a su vez provocan infecciones, enfermedades, o sientan las bases para que un trastorno de este tipo evolucione (Jiménez Idrobo, 2019).

Actualmente la Unidad Educativa Tantsa (UET, 2022a), carece de servicios básicos de alcantarillado para disponer sus aguas residuales, más bien se han instalado tres pozos sépticos ubicados en la zona administrativa, personal docente y estudiantes, mismas que según el establecimiento son poco confiables para el tratamiento de sus aguas residuales que se producen, dado el caso que han sido construidas hace 26 años. Su capacidad de vida útil ha sobrepasado su volumen de carga, provocando que las aguas residuales que se depositan en los pozos se desparramen fuera del mismo debido a la aglomeración que estas presentan (UET, 2022b). Los vertidos residuales institucionales llegan hasta los cuerpos de aguas y ríos cercanos que se encuentran dentro de la institución sin ningún adecuado manejo o tratamiento, la dificultad recae en la falta de interés e inversión pública para el desarrollo de una PTAR, que permita un eficaz tratamiento (UET, 2022c). La investigación tiene como objetivo diseñar una propuesta de planta de tratamiento de aguas residuales en la Unidad Educativa Tantsa, con el cual se dar solución a la problemática mejorando así la calidad del agua y aplicando los parámetros físicos, químicos y biológicos, mismos que permitirán conocer el tipo de tratamiento y dimensiones que tendrán las unidades de la PTAR con la finalidad de mitigar el impacto al recurso suelo e hídrico cumpliendo las normas vigentes establecidas en el TULSMA.

2. MATERIALES Y MÉTODOS/METODOLOGÍA

2.1 Ubicación

El área de estudio cuenta con un clima tropical húmedo, posee factores meteorológicos como: temperatura, precipitación, altura. Además, la extensión institucional y comunidad está conformado por dos ríos secundarios Kumpansha y Buambushik las cuales se unen y desembocan en el río Pastaza. (GAD parroquial Simón Bolívar, 2020), datos que están descritos en la tabla 2.

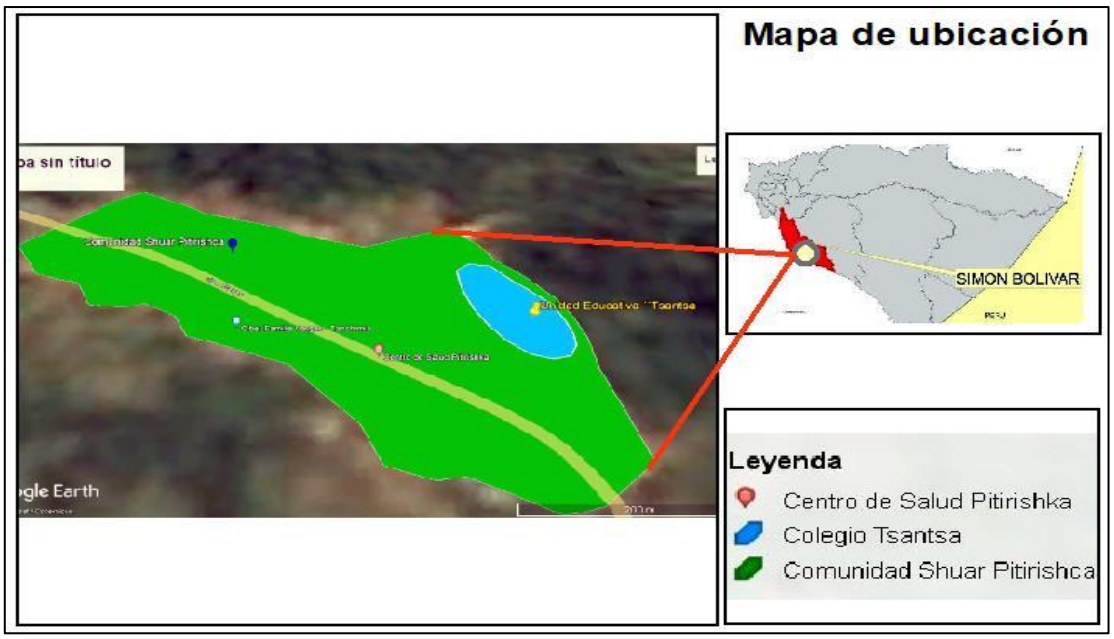


Figura1. Ubicación de la unidad educativa Tantsa

Elaboración: Autores

Fuente: Google Earth & Autores (2022)

2.2 Tipo de investigación

La investigación es de tipo cualitativo y cuantitativo de acuerdo con Hilari Paco, L. M. (2023a), observa, analiza y describe los fenómenos de manera inicial con aspectos relacionados a la calidad del efluente e información relacionada a los servicios básicos y generales de la institución. Por lo tanto, el enfoque será cualitativo debido a que está centrada en el análisis de la descripción, observación y recogida de datos en base a las necesidades de la institución que permitan obtener información exacta y detallada que ayude al proyecto a alcanzar los objetivos planteados (Hernández, 2018).

Además, es de naturaleza descriptiva, según menciona, Hilari Paco, L. M. (2023b), busca precisar propiedades y atributos importantes de algún suceso que se analice, ya que cualitativamente se estudia las características físicas, químicas y microbiológicas del efluente. Por lo tanto, el alcance es de tipo descriptivo porque permite observar la problemática, especificar y caracterizar sus rasgos de manera autónoma para mejorar la

información de las variables a estudiar por medio de la observación y datos recogidos (Ochoa & Yunkor, 2020).

2.3 Línea base

Según (David Medianero Burga, 2018), a través de una línea base podemos considerar la situación inicial de una cierta problemática, con el fin de desarrollar alternativas en la implementación de un proyecto que refute en una evaluación objetiva los cambios obtenidos.

a) Levantamiento de información primaria

Se acudió al lugar de investigación para recopilar los siguientes datos:

- Coordenadas geográficas, mediante GPS
- Aspectos de población y características institucionales (personal docente, administrativo y estudiantes en el periodo 2018-2023), mediante visita directa y personal con el rector de la Unidad Educativa Tantsa, Lcdo. Ricardo Moncayo

b) Levantamiento de información secundaria

Se emplearon fuentes bibliográficas como: artículos científicos, libros, tesis en línea, sitios web, para conseguir la siguiente información.

- Temperatura promedio, precipitación y altitud de la zona de estudio, Además, la extensión del plantel y la comunidad mediante Google Earth (GAD parroquial Simón Bolívar, 2020).
- Manejo y conservación de muestras para los análisis físicos, químicos y biológicos (Eugene, Rodger, Andrew y Lenore, 2018).
- Sistemas de tratamientos adecuados para el diseño de la propuesta (Fuentes de varios autores).

2.4 Toma de muestra del agua residual

Se lo realizó siguiendo la metodología de (Ramos et al., 2018a), conforme a la cual se ejecutó el "muestreo compuesto"**,** las cuales conforman una combinación de dos muestras simples o puntuales tomadas en el mismo sitio durante diferentes tiempos. Muestra uno (M1) hora de muestro 9:50am antes del recreo; Muestra dos (M2) hora de muestreo 10:00am durante el recreo, para verificar la pertinencia de estas, siendo estas

descargas de agua residuales intermitentes. Las colectas se realizaron de manera manual según la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169:2017. En ese sentido, la muestra del agua residual se tomó a la salida del tanque séptico. Por otra parte, una vez recolectada las muestras fueron conservadas cuidadosamente para su traslado al laboratorio utilizando la cadena de custodia establecido por (Ramos et al., 2018b).

2.4.1 Parámetros físicos, químicos y biológicos de las aguas residuales

Según Gilbert N. Lewis (2018), los parámetros físicos, químicos y biológicos son esenciales para comprender y evaluar la calidad del agua, su impacto en los ecosistemas acuáticos y la salud humana. Por ello, una completa caracterización de los parámetros que se emplearán para el análisis del agua residual del lugar de estudio, así como la justificación de su importancia se describe a continuación:

Tabla 1.- Importancia de los parámetros físicos, químicos y biológicos para la propuesta de la PTAR.

Parámetros	Indicadores	Justificación	Método
Físico	- Sólidos totales. - Conductividad eléctrica. - Temperatura. - Turbiedad. - Sólidos suspendidos. - Sólidos disueltos.	De acuerdo con Lenntech & Fernández (2020) ayuda a conocer el tipo de sistema que se va a implantar, aplicando una separación física, específicamente de sólidos, como la viscosidad, tamaño de partículas suspendidas y flotantes. Conocer la cantidad de materiales suspendidos, mineralización y oxígeno, y con ello determinar si el agua es apta o no para el consumo, empleando materiales y equipos como el cribado, la precipitación, separación y filtración de sólidos.	Libro Standard Methods for the examination of water and wastewater 22 edition stabled por (Eugene, Rodger, Andrew y Lenore, 2018).

Químico	- Oxígeno disuelto. - pH	Según Lenntech (2020) & Prato moreno (2021), este tipo de parámetros dependen de las propiedades químicas del contaminante o reactivo incorporado al agua, las cuales determinan la cantidad de vida acuática en el agua residual, materia orgánica biodegradable, proteínas y nutrientes esenciales para los microrganismos que intervienen en la depuración de los vertidos y el nivel de acidez o alcalinidad para verificar la buena disposición o no del agua que será empleada según la institución lo requiera, de acuerdo al manejo adecuado del efluente.	2540 B (Standard Methods 22 ND Ed)
Biológico	- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5).	Utilizando este parámetro se pretende eliminar los contaminantes coloidales, ya que según Fernández & Rodríguez (2020), determinan la presencia potencial de bacterias causante de enfermedades en el agua, el cual no necesariamente nos dice que beber cause un daño, más bien da a conocer la presencia de una vía de contaminación, actuando sobre la materia en suspensión, para posteriormente transformarla en solidos sedimentables, las cuales	Standard Methods 5210 BOD biochemical exigent demant-D (Respirometric method)

pueden realizarse por procesos aerobios o anaerobios.

Fuente: Rodríguez, L. (2020).

2.5 Demanda de agua y operación de sistemas sanitarios

La dotación o agua consumida en litros por habitante día, mediante entrevista directa a los estudiantes del plantel educativo se sabe la frecuencia de uso de los espacios higiénicos. Aplicando la metodología de Lozano & Rivas (2017), se determina por medio de la ecuación **(1)** para obtener la tasa de crecimiento aritmético, ecuación **(2)** proyección de habitantes, las ecuaciones **(3)** y ecuación **(4)** consumo de agua proyectado, ecuación **(5)** Dotación, ecuación **(6)** y ecuación **(7)** para obtener caudal máximo y mínimo respectivamente tomando en cuenta criterios en base al tamaño poblacional.

Ec. (1)

$$R = \frac{\#hab\ año\ actual - \#hab\ año\ anterior}{año\ actual - año\ anterior}$$

Ec. (2)

$$Pob.2023 = Pob\ año\ 1 + (Año\ n - Año1)$$

Ec. (3)

$$Qdm = \frac{\text{Dotación . P . CR}}{86400}$$

Donde;

Qdm = Aporte de aguas residuales de la institución (L/s).
D = Cantidad de agua potable consumida (L/hab.*d).
P = Número de habitantes proyectado para el periodo de diseño asignado
CR = Coeficiente de retorno sanitario (0,80)

Ec. (4)

$$Cap = Litros\ consumidos * Veces\ de\ uso$$

Ec. (5)

$$D = CE * PF$$

Donde;
CE = consumo de agua
PF = Población futura

Ec. (6)

$$Qmax = 5(Qm)$$

Ec. (7)

$$Qmin = 0{,}30(\ Qm)$$

2.6 Planteamiento de diseño básico de la PTAR

El modelo y dimensionamiento de la PTAR que se pretende diseñar consta de cuatro etapas: pretratamiento (cribado y desarenado), tratamiento primario (sedimentador primario), tratamiento secundario (FAFA y sedimentador secundario), tratamiento terciario (cloración).

2.6.1 Pretratamiento

a) Canal de entrada: Conducirá las aguas residuales a los siguientes tratamientos, por lo que se recomienda que el ancho sea similar al de la tubería de llegada de esa manera su velocidad será constante. Para ello los criterios mencionados por Lozano & Rivas (2017) en la **tabla 5**, para lo cual se utiliza la ecuación **(8)** en la obtención del área que necesita el canal conforme al caudal medio, máximo y mínimo obtenidos respectivamente. $Q = A * V$ Ec. (8)

La primera etapa está destinada a retener los sólidos gruesos y finos antes de ingresar al sistema, para ello se han empleado dos indicadores como el cribado y el desarenado, ya que según Gómez, R., & Vicente, J. (2023), el sistema de cribas elimina objetos grandes y pequeños provenientes del agua residual y que pueden interferir con el funcionamiento de los equipos posteriores, reduciendo de esta manera en un 65% y 75% de materia orgánica lo que implica un menor costo en el transporte para su disposición final.

b) Criterios de diseño del cribado: Dispositivo con aberturas homogéneas que elimina sólidos de gran tamaño, para ello obtendremos algunas variables mediante: la ecuación. **(9)** área del caudal, ecuación **(10)** Velocidad respecto al caudal, la ecuación **(11)** Longitud, ecuación **(12)** número de barras y ecuación **(13)** área de rejillas, mismas que presenta el manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento (CONAGUA, 2021a), además de los criterios de rejas y rejillas que se presentan en la tabla 6.

$$A = W * h \quad \text{Ec. (9)}$$

$$V = Q/A \quad \text{Ec. (10)}$$

$$L = (h + hb)/sen\theta \quad \text{Ec. (11)}$$

$$n = (W - C)/(C + db) \quad \text{Ec. (12)}$$

$$Ar = n * db * h \quad \text{Ec (13)}$$

Esta fase implica el proceso de sedimentación en suspensión (sedimentables y flotantes) a través del cual se obtendrá una disminución de contaminación biodegradable en una cantidad aproximadamente de 40% a 50%, generando una mejora sustancial a la calidad del agua que irá al tratamiento biológico (Lozano, 2018).

c) Criterios de diseño de un desarenado: Encargado de la deposición y acumulación de arenas, las cuales evita problemas de desgaste. Para lo cual se obtiene variables mediante la aplicación de ecuación **(14)** Área, ecuación **(15)** Volumen, ecuación **(16)** Tiempo de retención hidráulica, ecuación **(17)** Área transversal, ecuación **(18)** Ancho, ecuación **(19)** Longitud respectivamente, establecidos por Linley & Franzini, (2018), además de los criterios de diseño que se presentan en la tabla 8.

$$A = Q/Cs \quad \text{Ec. (14)}$$

$$V = As * P \quad \text{Ec. (15)}$$

$$TRH = V/Q \quad \text{Ec. (16)}$$

$$At = Q/Vh \quad \text{Ec. (17)}$$

$$L = At/P \quad \text{Ec. (18)}$$

$$L = As/B \quad \text{Ec. (19)}$$

2.6.2 Tratamiento primario

a) Criterios de diseño de un sedimentador rectangular primario Permite un mejor abastecimiento del efluente a lo ancho del dispositivo. Según Arias & Guartatanga (2019), menciona la guía metodológica para la elaboración del dispositivo, además de los criterios de diseño planteadas por (Guillín & Ortega, 2018); de esta forma se aplica ecuación **(20)** Caudal Máximo, ecuación **(21)** Área superficial, ecuación **(22)** Ancho, ecuación **(23)** Largo, ecuación **(24)** Volumen del tanque, ecuación **(25)** Tiempo de retención hidráulica ecuación **(26)** Velocidad de arrastre, ecuación **(27)** Velocidad a flujo máximo, además considerando los criterios que se presentan en la tabla 10.

$$Qmax = M * Qm \quad \text{Ec. (20)}$$

$$As = b * h \quad \text{Ec. (21)}$$

$$W = \sqrt{\frac{As}{s}} \quad \text{Ec. (22)}$$

$$L = As/B \quad \text{Ec. (23)}$$

$$V = As * h \quad \text{Ec. (24)}$$

$$At = Q/Vh \quad \text{Ec. (25)}$$

$$Vs = \left[8\left(\frac{k(s-1.0)gd}{f}\right)\right]0.5 \quad \text{Ec. (26)}$$

$$VL = Qmax/(At * n) \quad \text{Ec. (27)}$$

2.6.3 Tratamiento Secundario

Se propone un tanque (FAFA), el cual está centrado en transformar la materia orgánica disuelta mediante la acción de bacterias anaerobias para degradar compuestos orgánicos, reduciendo de esta manera la carga contaminante al afluente donde se descargue (Polo, Seco & Robles, 2018), en base a ello se consideran las parámetros y variables que se obtienen para su debido dimensionamiento; la ecuación **(28)** de caudal máximo, ecuación **(29)** área superficial del tanque, ecuación **(30)** para obtener el diámetro del tanque, ecuación **(31)** considerada para análisis de DBO, ecuación **(32)** volumen del lecho filtrante, ecuación **(33)** altura del lecho filtrante, aplicando las consideraciones los autores se asumen datos de Altura de borde libre y Altura del bajo orden, ecuación **(34)** para obtener la Altura total del filtro, ecuación **(35)** obtenemos el volumen total, ecuación **(36)** para carga orgánica volumétrica, ecuación **(37)** obtenemos el tiempo de retención hidráulica, ecuación **(38)** finalmente obtendremos la eficiencia de remoción del dispositivo, refutando en los criterios que presenta la tabla 12.

$$Q = 5Qm \quad \text{Ec. (28)}$$

$$A = Q/CHS \quad \text{Ec. (29)}$$

$$D = (\frac{4*A}{\pi})^{1/2} \quad \text{Ec. (30)}$$

$$DBO_5 = A - \{B * \left(\frac{sA}{sB}\right)\} \quad \text{Ec. (31)}$$

$$V = \frac{Q*So}{COV} \quad \text{Ec. (32)}$$

$$hm = V/A \quad \text{Ec. (33)}$$

$$H = hm + b + d \quad \text{Ec. (34)}$$

$$Vt = A * H \quad \text{Ec. (35)}$$

$$COVt = \frac{Q*So}{Vt} \quad \text{Ec. (36)}$$

$$TRH = V/Q \quad \text{Ec. (37)}$$

$$E = 100(1 - 0.87(TRH^{-05})) \quad \text{Ec (38)}$$

2.6.4 Tratamiento terciario

La última fase a nivel terciario de la PTAR, tiene como finalidad aplicar la desinfección mediante el método de la cloración para asegurar la integridad del agua. Según Ministerio del Ambiente (MINAM, 2018), se aplicó la presente metodología con todos sus criterios y variables que forman parte del tratamiento así como: la dosis promedio de desinfectante conforme al caudal de entrada mediante ecuación **(39)**, ecuación **(40)** la determinación del peso del desinfectante considerando una estimación de un tiempo de retención, ecuación **(41)** volumen del tanque receptor conforme a su caudal, ecuación **(42)** área del tanque, ecuación **(43)** altura del tanque receptor, ecuación **(44)** altura de seguridad según (Norma Ras , 2018); además de los criterios considerados por Rodríguez, A. (2018), en la tabla 14.

$$D = \frac{Dm+Dm}{2} \quad \text{Ec. (39)}$$

$$P = Q * D \quad \text{Ec. (40)}$$

$$V = Q * Tr \quad \text{Ec. (41)}$$

$$A = Longitud * Profundidad \quad \text{Ec. (42)}$$

$$At = V/A \quad \text{Ec. (43)}$$

$$At = 1 + 0.30 \quad \text{Ec. (44)}$$

3. Resultados y Discusión

3.1 Generales

Dado los resultados en bases de datos bibliográficos se detallaron las siguientes variables geográficas y meteorológicas del área de estudio como: temperatura que oscila entre 20 a 28 °C, una precipitación de 4000 a 4600 mm anuales, una altura de 892 msnm, una extensión superficial de 170,108 m^2 de la comunidad y el área de estudio con una superficie de 10.846 m^2, una población de 280 hab, entre personal docente, administrativos y estudiantes. Así mismo de determino la dotación de agua a través de preguntas directas hacia la población objetiva por lo que se concluyó que la mayor parte concurren 3 veces a los espacios higiénicos consumiendo al menos 2 litros cada vez de manera diaria. Además, se obtuvo resultados con respecto a los detalles predispuestos para el diseño proyectado de la propuesta entre los cuales tenemos: tasa de crecimiento aritmético de 6 %, con una proyección poblacional de 340 habitantes para 10 años, dotación de agua con un valor de 1.36 m^3/día, considerando un consumo de agua con un valor de 0.004 m^3/hab/día, esto repercutirá en los caudales máximo, medio y mínimo (0.005; 0.04; 0.0003 m^3/s) respectivamente.

3.2 Análisis de Muestra de agua

La **Tabla 2** establece en base a la guía del libro metodológico de límites permisibles a la calidad del agua los parámetros que se consideran para el análisis de muestras. De acuerdo a los resultados obtenidos los sólidos totales de la muestra uno (101) y la muestra dos (110) no cumplen con lo establecido dentro de los límites; turbiedad (17,15) y (40) se encuentran fuera de los límites permisibles al no contar con los recomendables; conductividad eléctrica (69,71) y (48) se encuentran fuera de los límites recomendables como permisibles; potencial de hidrógeno (5,59) y (5,69) están dentro de los límites recomendables como permisibles; oxígeno disuelto en la muestra uno (1,54) y muestra dos (1,60) según los resultados se encuentran dentro de los límites permisibles; sólidos disueltos totales (58) y (48) basado en los resultados no cumple con los límites permisibles; sólidos suspendidos totales en la M1 (43) M2 (62) tampoco se encuentra dentro de los límites permisibles; DBO_5 en la M1 (3.7) y M2 (9.4) no se encuentran dentro de los límites permisibles al no contar con los recomendables.

Tabla 2. Índice de calidad de agua

Parámetro	Muestra		Unidad	Límite permisible	A/NA
	M1	M2			
Sólidos totales	101	110	mg/L	450-2000	NA
Turbiedad	17,15	40	UTM	10	NA
CE	69,71	48	µohm/cm	0,7-3	NA
pH	6,59	6,69		6-9	A
OD	1,54	1,60	mg/L	No menor a <0,8	A
Sólidos Disueltos Totales	58	48	mg/L	3000,0	NA
Sólidos Suspendidos Totales	43	62	mg/L	220	NA
DBO_5	3.7	9.4	mg/L	250	NA

Nota: M1 muestra 1 y M2 muestra 2. A aplica, NA no aplica

Fuente: Autores

3.3 Pretratamiento

En la **Tabla 5** se manifiesta los resultados del canal de entrada que se considera diseñar a partir de los valores de caudales del afluente residual según la metodología de Lozano & Rivas (2017).

Tabla 5.- Criterios de diseño del canal de entrada.

Parámetro	Valor o Rango
Caudal medio	0.004 m^3 s
Volumen	0.6 m s
Altura mínima de lámina de agua	0.3 m (caudal medio)
Velocidad de flujo en el canal	0.6 a 1.0 m/s (caudal medio
Borde libre (por encima del caudal punta al final del periodo de diseño	0.3 a 0.4 m
Área del canal	0,007 m^2
Coeficiente de rugosidad de Manning	0.014 (independiente del material de construcción)

Fuente: Autores

En la **Tabla 6** se describe los criterios en relación a las características para diseño y dimensión de rejillas mencionadas por (CONAGUA, 2021a), a través del cual se obtiene los siguientes datos. Por lo cual la **Tabla 7** refleja los resultados de diseño y

dimensionamiento del cribado de rejilla considerando todas las variables y de los criterios anteriores.

Tabla 6.- Criterios de diseño de rejas y rejillas.

Parámetro	Valor o Rango
altura	0.3 (m)
Ancho	0.2 a 0.4 (m)
Profundidad o tirante (valor asumido)	0.09 (m)
Caudal de diseño	0.004 m^3/s
Espesor (db)	0.02 (m)
Borde libre (hb)	0.2 (m)
Separación (C)	0.04 (m)
espacio entre barras	25.4 a 50.8 (mm)
Inclinación sobre la vertical	30 a 45 (grados)
Velocidad de acercamiento	0.3048 a 0.6096 (m/s)
Perdida de carga permisible	152.4

Fuente: Rendón Arango, J. A. (2021) y autores

Tabla 7.- Dimensionamiento del sistema de cribado

Parámetro	Valor	Unidad	Barras de diseño
Área del caudal	0.04	m^2	Ancho del canal = 0.4 m
			Número de barras = 6
Velocidad antes de la reja	0.5	m/s	Espesor = 0.02 m
			Ancho total de barras = 6*0.02 = 0.12
Longitud de la reja	0.3	m	Número de espacios = 7
Numero de barras	6	s/u	Separación = 0.04
			Ancho Total libre = 7*0.04 = 0.28
Área de la rejilla	0.011	m^2	Ancho total = 0.12 + 0.28 = 0.4 m

Fuente: Autores

La **Tabla 8** indica los valores de criterios del desarenador el cual establece Linley & Franzini, (2018), a considerar en el dispositivo. Los resultados de la **Tabla 9** muestra los valores del área del canal de 0.36 m^2, un volumen efectivo de cada desarenador

cuyo valor es de 0.5 m^3, el cual contiene un tiempo de retención hidráulica de 0.3 s, hacia un área transversal para cada desarenador de 0.01 m^2, conformado por un ancho de cada canal de 0.008 m^2 y largo de 45 m. Esta longitud equivale a 27 veces la profundidad efectiva del desarenador o de la altura de la lámina de agua. Este valor se encuentra entre el rango recomendado de 15-35 según (CONAGUA, 2021a).

Tabla 8.- Criterios de diseño de un desarenador.

Parámetro	Valor o Rango
Carga superficial (Cs)	40 a 70 m^3/m^2*h (a caudal punta)
Tiempo de retención hidráulica	100 a 300 s (a caudal punta) Más frecuente = 180s
Velocidad horizontal	0.20 a 0.40 m/s (a caudal punta)
Longitud	15 a 35 veces la altura de la lámina de agua
Altura mínima de la unidad	1 m
Altura máxima de la unidad	2.5 m
Caudal punta	0.005 m^3/s

Fuente: Linley & Franzini, (2018) y autores

Tabla 9.- Resultados del desarenador.

Parámetro	Valor	Unidad
Área	0.36	m^2
Volumen efectivo de cada desarenador	0.5	m^3
Tiempo de retención hidráulica	0.3	s
Área transversal “At” de cada desarenador	0.01	m^2
Ancho de cada canal	0.008	m^2
Largo “L” del canal	45	m

Fuente: Autores

3.4 Tratamiento Primario

La **Tabla 10** muestra los criterios de diseño de un sedimentador rectangular a considerar en el diseño y dimensión del dispositivo según Arias & Guartatanga (2019), y en la **tabla 11** muestra los resultados de sus respectivas variables: caudal máximo instantáneo de 245.6 m^3/s, un área superficial de 4.32 m^2 dando un ancho del tanque sedimentador un valor de 1.2 m, largo de 3.6 m, las cuales conforman un volumen del

tanque de 6.48 m^3 con un tiempo de retención hidráulica de 0.18 h, y una velocidad de arrastre de 0.4852 m/s; siguiendo la expresión de Camp-Shields, se obtiene la velocidad horizontal a flujo máximo de 0.0012 m/s. La velocidad de arrastre Vs = 0.4852 m/s es mayor que la velocidad horizontal a gasto máximo VL = 0.0012 m/s por lo que el diseño del tanque es aceptable VS>VL.

Tabla 10.- Criterios de diseño de un sedimentador rectangular.

Parámetro	Valor o Rango
Borde libre	0.3 m
Tiempo de retención hidráulica	1 a 3 horas.
Carga hidráulica	2 a 10 $m^3.m^2$/día
Profundidad o tirante hidráulico	1.5 a 2.5 m
Relación L/B largo-ancho	3 a 6
Relación L/H largo-profundidad	5 a 20
pendiente	5 a 10% (hacia la tubería)
Velocidad	no > 0.15 m/s
Base	2.4
Altura	1.8
Constante en material unigranular	0.04
Densidad relativa de partículas	1.3
gravedad	9.81 m/s^2
Factor de fricción de Darey-Weisbach	0.02
Diámetro de las partículas	0.0002 m

Fuente: Arias & Guartatanga (2019) y autores

Tabla 11.- Dimensionamiento del tanque sedimentador rectangular primario

Parámetro	Valor	Unidad
Caudal máximo instantáneo	345. 6	m^3/s
Área superficial	4.32	m^2
Ancho del tanque sedimentador	1.2	m
Largo del tanque	3.6	m
Volumen del tanque	6.48	m^3
Tiempo de retención hidráulica	0.18	h
Velocidad de arrastre con la expresión de Camp-Shields	0.4852	m/s
Velocidad horizontal a flujo máximo	0.0012	m/s

Fuente: Autores

3.5 Tratamiento secundario:

La **Tabla 12** muestra sus criterios de diseño y dimensionamiento se adoptarán siguiendo la metodología obtenida de la (CONAGUA, 2021c), y la **Tabla 13** describe los valores de caudal máximo de 432 m^3/día, y un área superficial del filtro de 41.14 m^2, dentro de un tanque circular que cuenta con un diámetro de 7.14 m; el agua que ingresará al tanque tiene una DBO_5 analizada en el laboratorio (UEA, 2023), de 0.03 Kg/L, el volumen del lecho filtrante resultó de 25.92 m^3, a una altura de 0.70m de borde libre y 1m de altura bajo el dren, con una altura total del filtro de 2.3m, un volumen total del filtro de 94.62 m^3, la cual abarcará una carga volumétrica al volumen total del filtro según la norma CONAGUA, (2021d), de 0.137 kg BDO_5/m^3*día, con un tiempo de retención hidráulica de 0.06 días, de lo que resultó una eficiencia de remoción del filtro anaerobio de 16.40% y 5.455 de concentración de DBO esperada del efluente.

Tabla 12.- Criterios de diseño para un FAFA

Parámetro	Rango de valores como una operación del gasto		
	Q promedio	Q máximo diario	Q máximo horario
Medio de empaque	Piedra	Piedra	Piedra
Altura del medio filtrante (m)	0.8 a 3	0.8 a 3	0.8 a 3
Tiempo de resistencia hidráulica (h)	5 a 10	4 a 8	3 a 6
Carga hidráulica superficial (m3/m2*día)	6 a 10	8 a 12	10 a 15
Carga orgánica volumétrica (kg BDO/m3*día)	0.15 a 0.50	0.15 a 0.5	0.15 a 0.5
Carga orgánica en el medio filtrante (kg BDO/m3*día)	0.25 a 0.75	0.25 a 0.75	0.25 a 0.75

Fuente: Chernicharo de Lemos (2021) y autores

Tabla 13.- Resultados del tanque circular FAFA

Parámetro	Valor	Unidad
Caudal máximo (Tabla 4)	432	m^3/día
Área superficial del filtro a caudal máximo horario.	41.14	m^2
Diámetro del tanque circular	7.24	m
Demanda bioquímica de oxígeno obtenida del análisis de agua en el laboratorio (*So*)	0.03	$KgDBO_5$ m^3/d
	6.55	mg/L

Volumen del lecho filtrante a carga orgánica volumétrica horaria	25.92	m^3
Cálculo de la altura del lecho filtrante	0.6	m
Altura de borde libre (b)	0.70	m
Altura del bajo dren (d)	1	m
Altura total del filtro	2.3	m
Volumen total del filtro	94.62	m^3
Carga orgánica volumétrica al volumen total del filtro según la norma (Tabla 12)	0.137	kg BDO_5/m^3*día
Tiempo de resistencia hidráulica	0.06	día
	0.0025	h
Eficiencia de remoción del filtro anaerobio	16.40	%
Concentración de DBO esperada en el efluente	5.47	%

Fuente: Autores

Sedimentador secundario: Cabe mencionar que los criterios de diseño y dimensionamiento de los sedimentadores rectangulares secundario y terciario son similares al sedimentador primario según la (CONAGUA, 2021e) a excepción del porcentaje de dosificación que llevará el tratamiento por desinfección, por lo tanto, se utilizarán los criterios de diseño empleados en la **tabla 10** y los dimensionamientos propuestos en la **tabla 11.**

3.6 Tratamiento terciario

La **tabla 14** dimensiona la fase de la desinfección en la aplicación del cloro según (Guamanquispe, 2017), y la tabla 15 establece el dimensionamiento del tanque de cloración por dosificación contiene una concentración promedio de desinfectante de 2 mg/L, a caudal medio de 4 L/s la cual se determina un peso de desinfectante de 0.691 kg/día, con un tiempo de retención estimado de 1.5 min a 90s, para de esta manera conocer el volumen del tanque de cloración igual a 0.36 m^3, con un ancho y largo asumido de 0.60 m, lo que da un área de 0.36 m^2 a una altura de 1m. Por última instancia también se consideró una altura de seguridad para posibles desbordamientos, cuya altura tiene un mínimo de 0.30 m, según la normativa del Reglamento Técnico de Agua y Saneamiento (RAS, 2018).

Tabla 14.- Criterios de diseño por desinfección mediante productos desinfectantes.

Producto	Tiempo de almacenamiento (meses)	Dosis (mg/L)		Concentración de la solución (mg/L)
		Minima	Máxima	
Cloro en cilindros a presión	3 a 6	1	3	3500
Hipoclorito de calcio	3 a 6	1,4	4,3	10000 a 50000
Hipoclorito de sodio	< 1 mes	1,7	23,1	10000 a 50000

Fuente: Rodríguez, A. (2018) y autores

Tabla 15.- Resultaos del tanque de cloración por dosificación

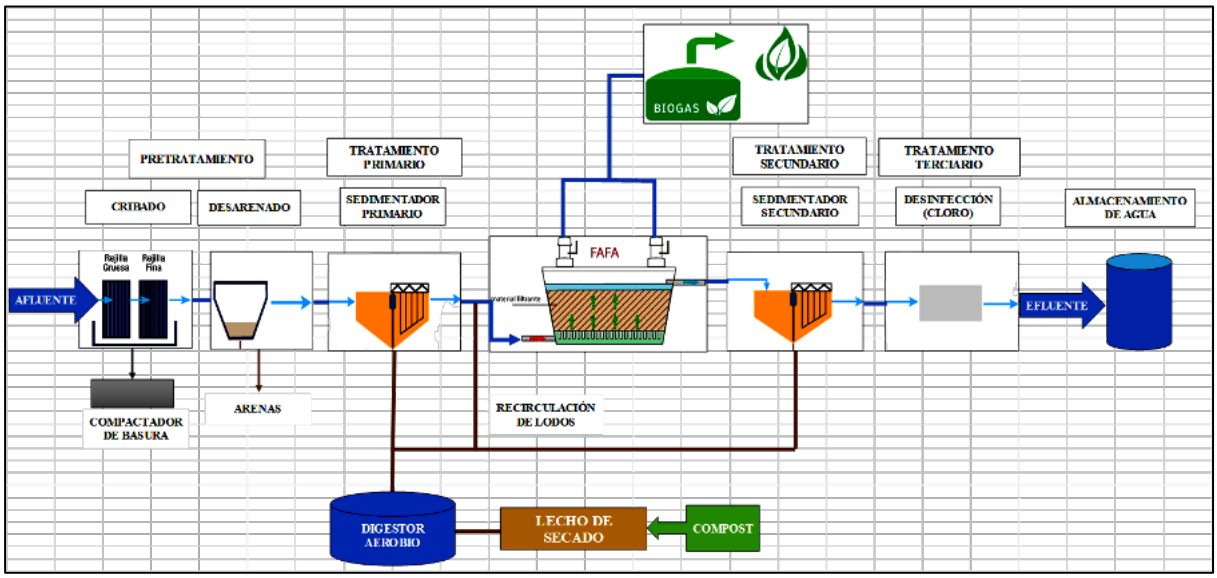
Parámetro	Valor	Unidad
Dosis promedio de desinfectante	2	mg/L
	4	L/s
Caudal de diseño a caudal medio	0.004	m^3/s
Determinación del peso de desinfectante	0.691	Kg/día
	1.5	min
Tiempo de retención	90	s
Volumen del tanque de cloración	0.36	m^3
Ancho y largo del tanque	0.60	m
Área del tanque	0.36	m^2
Altura del tanque	1	m
Altura de seguridad según la Norma Ras (2018)	1.3	m

Fuente: Autores

3.7 Estructura del diseño de la PTAR.

La **figura 2** detalla las fases, componentes e indicadores que conforman la propuesta de tratamiento de aguas residuales para la Unidad Educativa Tantsa.

Figura 2. Esquema de Filtro anaerobio de flujo ascendente para el tratamiento de aguas residuales de la propuesta.



Fuente: Autores

3.8 Discusiones

La descripción cualitativa y cuantitativa de los parámetros de acuerdo con los límites permisibles de las muestras (M1) y (M2) lo que se observa en la Tabla 2 según López, Cabrera & Carrillo (2018), mencionan que los resultados de la investigación se encuentran fuera de los rangos establecidos por lo que se evidenció que están muy por encima, tal es el caso de Turbiedad y Conductividad eléctrica, y muy por debajo son: Sólidos totales, Sólidos disueltos totales, Sólidos suspendidos totales y DBO_5. Esto refuta en que las aguas residuales se encuentran alteradas.

En los criterios de diseño y dimensionamiento propuestos por el manual de agua potable alcantarillado y saneamiento (CONAGUA, 2021a), en los criterios de rejas y rejillas que se presentan en la tabla 6 y Tabla 7, (Gómez, R., & Vicente, J. 2023), manifiesta que el sistema de cribas elimina objetos grandes y pequeños provenientes del agua residual y que pueden interferir con el funcionamiento de los equipos posteriores, reduciendo de esta manera la materia orgánica lo que implica un menor costo en el transporte para su disposición final, cabe mencionar que en la etapa 1 se suprime a la trampa de grasas o aceites ya que la institución no produce aguas agrises.

El sistema de FAFA dispuesto por (CONAGUA, 2021c), y de acuerdo ante los resultados se obtuvo una eficiencia de remoción del filtro anaerobio de 16.40% y 5.455% de concentración de DBO esperada del efluente, lo cual se puede observar en la tabla 12 y 13. Y según (Tilley, 2018), recalca que este sistema de tratamiento elimina el 90% DBO y sólidos en suspensión, y que el 15% la reducción en términos del nitrógeno total por ende es la mejor recomendada para su diseño.

El tratamiento secundario adapta un sedimentador secundario, según la (CONAGUA, 2021e) el porcentaje de dosificación se llevará acabo el tratamiento por desinfección, (Marín & Osés 2018a), menciona que los valores representados en la tabla 10 y los dimensionamientos propuestos en la tabla 11 los valores redujeron en un 50% y 95% lo cual sería apto para el diseño de la PTAR.

La última etapa de la PTAR está conformada por un tratamiento terciario, donde se establece el diseño y dimensionamiento por desinfección, siguiendo los parámetros establecidos por Guamanquispe, (2017) y los criterios de diseño de Rodríguez, A. (2018), según se muestran en la tabla 14 y Tabla 15 la desinfección por el método de cloración en agua es tres veces más efectivo que una concentración de bromo y seis veces más efectivo que una concentración de yodo, con un 87.51% de eficiencia según lo afirmado por (Hans-Werner & Hartmut, 2018).

3. CONCLUSIONES

La implementación de una planta de tratamiento de aguas residuales en la Unidad Educativa Tantsa es una solución efectiva para el problema de contaminación y malos olores que afectan a los moradores cercanos al lugar de estudio.

El diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales propuesto es adecuado para las necesidades de la institución y cumple con los estándares de calidad ambiental y de descarga de efluentes establecidos por la normativa vigente.

La utilización de tecnologías de bajo costo y fácil mantenimiento, como el sistema FAFA, permite optimizar el consumo de energía y reducir los costos de operación de la

planta de tratamiento de aguas residuales, lo que la hace una opción viable para su implementación en zonas municipales y en sectores rurales.

4. REFERENCIAS

Anexo, L. V. I. (s/f). *NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES: RECURSO AGUA.* Fao.org. Recuperado el 14 de agosto de 2023, de https://faolex.fao.org/docs/pdf/ecu112180.pdf

Cepal.org. Retrieved June 6, 2023, from https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/48613/1/S2200923_es.pdf

DE, C. A. P. L. S., & AGUAS, A. R. D. Y. *REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO RAS. Título, D. (s/f). REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO RAS.* Cloudfront.net. Recuperado el 7 de agosto de 2023, de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/44809727/titulo_d_version_prueba_ras-libre.pdf?1460868703=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DTitulo_d_version_prueba_ras.pdf&Expires=1691370757&Signature=fcv3HsqyEtblAwNAw7XgCNpqbeeyCJLjyS1g4Yxx1AnjTD3BNnfX0VuPX2NnepzGAeHpab~2oq3a2bCYC53yl4vBPBu7juyQ-rkZVcny5GfHpAS5KxS2WMnWxyAsSsY1BDruGkaE-l5AVVQq569hfG8wMsHuJfIbifM1TjdcC1s1IAWMZqydQD86F1iNVzh4NP9257cZVJxoEPy~VhTX49H9hk0tDDXRMZ4RkslJVwYc2gnSqIruVGMIOxItLo569PintLgxx1en0J2bt1e7miArAOYKSH7JHbQxZv-ktDhMe976wnyA8gCSo125Ox6paZ6JSETEJY7phWPQ5MOmIQ__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA.

Gallardo García, C. X., & Jiménez Avilés, J. S. (2023). *Diseño del sistema de alcantarillado sanitario y planta de tratamiento de aguas residuales en el barrio Bellavista del cantón Salcedo de la provincia de Cotopaxi* (Bachelor's thesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Civil). (S/f). Recuperado el 24 de julio de 2023, de http://file:///C:/Users/Soporte/Desktop/Tesis%20I.C.%201681%20-%20Gallardo%20Garc%C3%ADa%20Cristian%20Xavier-Jim%C3%A9nez%20Avil%C3%A9s%20Jairo%20Sa%C3%BAl.pdf

Gomez, R., & Vicente, J. (2023*). Calculo hidráulico para el tratamiento de agua residual con fines de mejorar la calidad de agua de vertimiento en cumplimiento del decreto supremo N° 003-2010-MINAM en el Centro Poblado de Antapirca, distrito de Santa Ana de Tusi-Daniel Alcides Carrión–Pasco, 2021*. De agua residual con fines, C. H. P. el T. (n.d.). *T E S I S*. Edu.Pe. Retrieved June 23, 2023, from http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/2920/1/T026_70859755_T.pdf

Hilari Pacco, L. M. (2023). Propuesta de diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales domesticas para el distrito de Hunter-Arequipa, 2022. Retrieved June

9, 2023, from http://file:///C:/Users/Usuario/Desktop/Tesis%20I.C.%201761%20-%20Culqui%20LLamuca%20Giovanna%20Lissette-1.pdf

Huamán Izquierdo, J. J. (2023). *Propuesta de un sistema de tratamiento de agua residual para un lavadero de vehículos, Bagua–Amazonas*. Izquierdo, A. B. J. J. (s/f). *PROPUESTA DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL PARA UN LAVADERO DE VEHÍCULOS, BAGUA – AMAZONAS*. Edu.pe. Recuperado el 7 de agosto de 2023, de https://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14077/3147/Huam%c3%a1n%20Izquierdo%20Jos%c3%a9%20Junior.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Inca Monar, M. Y., & Salambay Landacay, E. S. (2020). *Propuesta de diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales para la lotización de empleados de la Cooperativa de la Pequeña Empresa de Pastaza Ltda* (Bachelor's thesis, Universidad Estatal Amazónica). Monar, I., & Yessenia, M. (s/f). *UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA*. Edu.ec. Recuperado el 15 de agosto de 2023, de https://repositorio.uea.edu.ec/bitstream/123456789/831/1/T.AMB.B.UEA.%20%203270.pdf

López Moreno, J. A., & Parra Useche, K. X. (2022). *Diseño e Implementación de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Industriales (Ptar), para la Mitigación del Impacto Ambiental en la Curtiembre La Villa, del Municipio de Villapinzón, Departamento de Cundinamarca*. Edu.Co. Retrieved June 10, 2023, from http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/12157/Trabajo%20de%20grado.pdf?sequence=1

Mendoza Rodríguez, K. I. (2023). *Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales para la parroquia Arq. Sixto Durán Ballén del cantón 24 de Mayo* (Bachelor's thesis, Jipijapa-Unesum). (S/f). Edu.ec. Recuperado el 6 de junio de 2023, de http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/5164/1/Mendoza%20Rodr%c3%adguez%20Kleyton%20Ignacio.pdf

Mero Alcivar, K. X. (2023). *Evaluación de las características fisicoquímicas y toxicológicas en aguas residuales de industrias farmacéuticas para la verificación de la calidad del agua en la parroquia Tarqui y Pascuales, provincia del Guayas, febrero 2023* (Master's thesis). Aplicada, M. E. N. Q. (n.d.). *UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO*. Edu.Ec. Retrieved June 23, 2023, from https://repositorio.unemi.edu.ec/bitstream/123456789/7010/1/MERO%20ALCIVAR%20KENDY%20XIMENA.pdf

Peña, S., Mayorga, J., & Montoya, R. (n.d.). *Ciencia e Ingeniería ISSN: 1316-7081 ISSN: 2244-8780 revecien@ula.ve*. Redalyc.org. Retrieved June 6, 2023, from https://www.redalyc.org/journal/5075/507557606007/507557606007.pdf

Pilco Quinaluiza, C. J. (2023). *Evaluación del desinfectante hipoclorito de calcio como tratamiento en aguas residuales para disminuir la contaminación en la planta de*

tratamiento" El Artezón" del cantón Píllaro (Bachelor's thesis). Quito, S. (n.d.). *UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA*. Edu.Ec. Retrieved June 22, 2023, from https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/24368/1/TTS1178.pdf

Rendón Arango, J. A. (2021). *Evaluación del diseño de filtros anaerobios de flujo ascendente en plantas de tratamiento de aguas residuales municipales*. De, A., & Ascendente, F. (s/f). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento*. Sswm.info. Recuperado el 24 de julio de 2023, de https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/CONAGUA%202015.%20Manual%20Filtros%20anaerobios%20de%20flujo%20ascendente.pdf

Rubiano Diaz, G. A., & Ortega Patiño, B. (2022). *Análisis de los lineamientos y parámetros para el diseño de un prototipo de un tanque séptico con fafa para el tratamiento de aguas residuales en la escuela ubicada en la vereda Manuel sur–Ricaurte Cundinamarca* (Doctoral dissertation). Edu.Co. Retrieved June 6, 2023, from http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/11982/ANALISIS%20DE%20LOS%20LINEAMIENTOS%20Y%20PARAMETROS%20PARA%20EL%20DISE%c3%91O%20DE%20UN%20PROTOTIPO%20DE%20UN%20TANQUE%20SEPTICO%20%5b23058430092143716667%5d.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Santiago Vargas, H. (2023). *Análisis del aprovechamiento y manejo del agua en el sector social del poblado de Lomas de Ahuatepec, municipio de Cuernavaca Morelos*. Uaem.Mx. Retrieved June 7, 2023, from http://riaa.uaem.mx/xmlui/bitstream/handle/20.500.12055/3751/SAVHRMA2.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Saravia Matus, S., Gil Sevilla, M., Fernández, D., Montañez, A., Blanco, E., Naranjo, L., ... & Sarmanto, N. (2022). *Oportunidades de la economía circular en el tratamiento de aguas residuales en América Latina y el Caribe*. Eclac.org. Retrieved June 7, 2023, from https://repository.eclac.org/bitstream/handle/11362/48613/S2200923_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Trabajo Final Para Obtener, el T. de. (s/f). *PLAN DE GESTIÓN TERRITORIAL DE RECURSOS HÍDRICOS EN LA COMUNIDAD DE TITIRI DEL MUNICIPIO DE TIQUIPAYA. Edu.bo:8080*. Recuperado el 6 de junio de 2023, de http://ddigital.umss.edu.bo:8080/jspui/bitstream/123456789/38200/1/QUIROZ%20PAHUASI%20EVER.pdf

ANEXOS

Marco teórico

Aguas Residuales

Son aquellas aguas cuyas características han sido modificadas por las actividades humanas que se generan en el diario vivir, y por tal razón requieren un tratamiento previo a su disposición (Quispe, 2018).

En general dichas aguas por ser residuos líquidos se pueden subdividir en:

Aguas negras

Se las conoce por ser aguas procedentes de los inodoros (fecales y orina) (Pulido et al, 2017a)

Aguas grises

Procedentes de las aguas jabonosas, lugares de comida, duchas, lavamanos, lavaderos, lavaplatos (Pulido et al, 2017b).

Aguas blancas

Procedentes de drenajes o por escorrentía superficial, las cuales acarrean grandes cantidades a escasa contaminación. Las cargas contaminantes se unen al atravesar las aguas lluvias o por los terrenos cercanos (Hernández, 2017).

Agua residual doméstica

Se caracterizan por contener material suspendido y disuelto, orgánico e inorgánico, según su procedencia se clasifican en: Convencionales, No convencionales y Emergentes (Torres, 2017).

Origen de las aguas residuales

Como se destaca anteriormente las aguas residuales pueden tener un sinfín de orígenes según su procedencia entre estos los, domésticos, industriales, pecuarios, agrícolas, de recreación, etc., los cuales se evalúa las características que puedan presentar (Pulido et al, 2017c).

Tipos de tratamiento

Conocidos también como operaciones unitarias con el objetivo de eliminar contaminantes por procesos químicos o biológicos, mismos que son removidas o transformadas en sustancias más amigables con el ambiente. Entre las principales operaciones tenemos al: cribado, desarenado, sedimentación, flotación, filtración, desinfección, etc., (Rojas, 2017).

Pretratamiento

Desempeña un papel fundamental en la medida en que se elimina los elementos indeseados o puedan causar algún daño a los previos tratamientos, garantizando el correcto funcionamiento de la PTAR y transporte de las aguas (Lozano, 2017).

Sistema de rejillas

Permite el desarrollo eficaz de los tratamientos posteriores, estos pueden ser de manera manual o mecánica, las cuales se recomienda utilizar las de limpieza manual para generar menos gastos a 50 L/s, ya que solo si el gasto es mayor es conveniente utilizar la limpieza mecánica (Quevedo, 2017).

Desarenador

Sirve para sedimentar las partículas de gran tamaño o solidos suspendidos en el agua de la conducción. (Ortíz, 2017).

Tratamiento primario

Su objetivo consiste en eliminar por medio de la gravedad, los sólidos suspendidos de las aguas residuales, donde se obtiene de manera manual o con la aplicación de químicos, las partículas ganen peso y se decanten con mayor facilidad, de esta manera se eliminan dichos solidos que en su mayoría son materia orgánica (Lozano, 2017).

Tratamiento secundario

También conocido como depurador o tratamiento biológico de las aguas residuales, las cuales elimina los contaminantes por la acción de los microorganismos presentes en las plantas de tratamiento. La materia orgánica, es transformada mediante procesos de oxidación química, en biomasa y sólidos inorgánicos en sustancias más sedimentables, a diferencia del primario que remueve impurezas, el tratamiento secundario busca remover especialmente la DBO_5 soluble y los remanentes de material suspendido (Lozano, 2017).

Filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA)

Es un proceso de crecimiento adherido, propuesto por Young & McCarty, (1969), para tratar los residuos solubles. Es uno de los sistemas anaerobios, más sencillos de utilizar ya que la biomasa permanece como una biopelícula microbiana adherida y siendo de flujo ascensional, el riesgo por taponamiento es mínimo (Romero, 2017).

Tratamiento terciario

Cumple un papel fundamental, en cuanto al cumplimento de las normativas vigentes en el país, ya que los tratamientos primarios y secundarios, no son suficientes para hacer que un efluente cumpla con los límites permisibles que se establece en el Tulsma, ya que en varios casos se pueden incrementar concentraciones de algunos compuestos, ya que radica en los procesos físicos y químicos con los que se consigue purificar el agua de los contaminantes sobrantes (Lozano, 2017).

Desinfección

Asegura la calidad microbiana del agua, ya que el desinfectante ideal debe propiciar una elevada toxicidad para eliminar las bacterias restantes a bajo coste, y no debe ser demasiado peligroso de manejar, además de ser necesario para disponer de un medio eficaz para detectar la presencia de residuos en el agua, siendo este el cloro, uno de los más utilizados, siendo seguros y más fiables, al tener propiedades excelentes al acoplarse en muchos aspectos al desinfectante ideal (Russell, 2017).

CÓDIGO ORGÁNICO DEL AMBIENTE

TITULO II: SITEMA UNICO DE MANEJO AMBIENTAL

CAPITULO V: CALIDAD DE LOS COMPONENTES ABIÓTICOS Y ESTADOS DE LOS COMPONENTES BIÓTICOS

Art. 196 Tratamiento de las aguas residuales urbanas y rurales. Los GAD_S municipales deberán contar con la infraestructura técnica para la instalación de los sistemas de alcantarillado y tratamiento de las aguas residuales urbanas y rurales, de conformidad con la ley y la normativa técnica expedida para su efecto. De la misma manera deberán fomentar las aguas tratadas para su reutilización o manejo, siempre y cuando cumplan con los niveles máximos permisibles sin afectar a la salubridad pública (COA, 2017).

REGLAMENTO AL CÓDIGO ORGÁNICO DEL AMBIENTE

TITULO III: REGULACIÓN AMBIENTAL Y REGULARIZACIÓN

Art. 759 Descargas. – Se prohíbe la descarga de desechos a las playas, franjas adyacentes de titularidad del estado y el mar. No se permitirá descargas de aguas residuales que no cumplan con las normas establecidas que regulen los límites permisibles de descarga y los convenios internacionales (Reglamento COA, 2019).

CÓDIGO ORGÁNICO DE ORGANIZACIÓN TERRITORIAL, AUTONOMIA Y DESCENTRALIZACIÓN.

TITULO III: GOBIERNOS AUTÓNOMOS DESCENTRALIZADOS

CAPÍTULO III: GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL

SECCIÓN PRIMERA: Naturaleza Jurídica, Sede y Funciones

Art. 55.- Los gobiernos autónomos descentralizados tendrán las siguientes competencias exclusivas sin perjuicio de otras que determine la ley;

d) Prestar los servicios básicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental y los que establezca la ley.

TITULO V: DESCENTRALIZACIÓN Y SISTEMAS NACIONAL DE COMPETENCIAS

CAPÍTULO IV: DEL EJERCICIO DE LAS COMPETENCIAS CONSTITUCIONALES

Art. 136.- Los gobiernos autónomos descentralizados municipales establecerán, en forma progresiva. Sistemas de gestión integral de desechos, a fin de eliminar los vertidos contaminantes en ríos, lagos, lagunas, quebradas, esteros o mar, aguas residuales provenientes de redes de alcantarillado, público o privado, así como eliminar el vertido en redes de alcantarillado (COOTAD, 2010).

ORDENANZA MUNICIPAL DE REGULACIÓN, ADMINISTRACIÓN Y CONTROL DE TARIFAS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO PARA EL CANTÓN PASTAZA

SECCIÓN II: EL SERVICIO DE ALCANTARILLADO

CAPITULO III: OBTENCIÓN DEL SERVICIO DE ALCANTARILLADO

Art. 60.- En los lugares en os que no se dispone o no sea posible realizar a corto plazo la instalación de servicios de alcantarillado, se deberá recurrir a soluciones individuales de tratamiento y disposición; tales como: tanques sépticos, sistemas de absorción, filtración, desinfección, entre otras (Ordenanza Municipal, 2012).

NORMATIVA TÉCNICA ECUATORIANA, INEN 2176:2013

Agua. Calidad del agua. Muestreo. Técnicas de muestreo

Esta norma establece las guías sobre las técnicas de muestreo utilizadas para obtener los datos necesarios en los análisis de control de calidad, de las aguas naturales, poluídas y aguas residuales para su caracterización.

NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES: RECURSO AGUA

LIBRO VI ANEXO 1

NORMATIVA ANEXO 1 DEL TEXTO UNIFICADO DE LA LEGISLACIÓN SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE. ACUERDO MINISTERIAL 097-A.

Para la comparación de los componentes de la cauterización de las aguas residuales se basó en la normativa ambiental vigente del Ecuador, misma que se estableció los siguientes parámetros basados en su Tabla 16.