UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL

TÍTULO DE:

INGENIERO AMBIENTAL

TEMA:

"PROPUESTA DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES GENERADAS EN EL CASERÍO LA CLEMENTINA, CANTÓN PELILEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA."

AUTORES:

Lluglla Guatumillo Joselyn Estefanía
Montaluisa Guamán Héctor Paúl

DIRECTOR DEL PROYECTO

MSc. PEDRO ANDRÉS PEÑAFIEL ARCOS

PUYO – ECUADOR

2020 - 2020

DECLARATORIA DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Quienes suscriben LLuglla Guatumillo Joselyn Estefanía con C.I. 180552294-1 y Montaluisa Guamán Héctor Paúl con C.I. 172509588-7, hace constar que es autor/a del Proyecto de Investigación titulado: **"PROPUESTA DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES GENERADAS EN EL CASERÍO LA CLEMENTINA, CANTÓN PELILEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA."**, el cual constituye una elaboración personal realizada únicamente con la dirección del Tutor de dicho trabajo, Msc. Pedro Andrés Peñafiel Arcos. En tal sentido, manifiesto la originalidad de la conceptualización del trabajo como interpretación de datos y elaboración de conclusiones dejando establecido que aquellos aportes intelectuales de otros autores se han referenciado debidamente en el texto de dicho trabajo.

En el cantón Pastaza, a los 22 días del mes de septiembre del 2020.



LLuglla Guatumillo Joselyn Estefania

CI: 180552294-1



Montaluisa Guamán Héctor Paúl

CI: 172509588-7

CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR EL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

El tribunal de sustentación del proyecto de investigación y desarrollo aprueba el proyecto de Investigación/Trabajo de Integración Curricular titulado: **"PROPUESTA DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES GENERADAS EN EL CASERÍO LA CLEMENTINA, CANTÓN PELILEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA."**



M.Sc. Leo Rodríguez Badillo

Presidente del Tribunal



M.Sc. Ledesma Rubén

Miembro del Tribunal



M.Sc. Santiago Aguiar

Miembro del Tribunal

Oficio No. 286-SAU-UEA-2020

Puyo, 22 de septiembre de 2020

Por medio del presente **CERTIFICO** que:

El proyecto de investigación correspondiente a los egresados LLUGLLA GUATUMILLO JOSELYN ESTEFANÍA con C.I. 1805522941 y MONTALUISA GUAMÁN HÉCTOR PAÚL con C.I. 1725095887, con el Tema: **"PROPUESTA DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES GENERADAS EN EL CASERÍO LA CLEMENTINA, CANTÓN PELILEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.",** de la carrera, Ingeniería Ambiental. Director del proyecto Ing. Penafiel Arcos Pedro Andrés, M.Sc., ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 0%, Informe generado con fecha 22 de septiembre de 2020 por parte del director conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,

Ing. Italo Marcelo Lara Pilco M.Sc.
ADMINISTRADOR DEL SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND – UEA - .

AGRADECIMIENTO

Brindamos gracias a Dios por guiarnos siempre por el camino correcto y permitirnos tomar buenas decisiones, agradecemos enormemente a nuestros padres por no dejar rendirnos y siempre apoyarnos durante toda nuestra carrera, a nuestros hermanos y familia por brindarnos sus consejos y apoyo. Gracias a la Universidad Estatal Amazónica por abrirnos sus puertas para formarnos académicamente, a los docentes que compartieron sus conocimientos y vivencias con nosotros además de prepararnos para mejorar el mundo con nuestras ideas y conocimientos adquiridos. Gracias a nuestro tutor MSc. Pedro Peñafiel por guiarnos en este reto que nos planteamos y dedicar su tiempo para poder culminar este proyecto. Gracias Universidad por habernos brindado los mejores años de nuestras vidas y enseñarnos que todos somos importantes de acuerdo a la oportunidad que nos brinden.

DEDICATORIA

Este proyecto de investigación se lo dedicamos en primer lugar a Dios ya que sin su bendición no hubiéramos podido llegar hasta donde hoy nos encontramos, encontrando las fuerzas, ganas y perseverancia para empezar y culminar este proyecto. Se lo dedicamos a nuestros padres Héctor Montaluisa y María Guamán; Enrique Llugllla y Fanny Guatumillo por haber confiado y depositado toda su fe y esperanza en nosotros, por siempre estar ahí dándonos los ánimos necesarios para continuar con nuestros estudios y no dejar que jamás nos rindamos, además de entregar su amor y apoyo incondicional, y sobre todo yo Joselyn llugllla te agradezco a ti hermana Carmen llugllla que desde el cielo nos guiaste para llegar a cumplir una de nuestras metas, padres gracias por los sacrificios que tuvieron que realizar para que nosotros podamos culminar nuestro sueño, ustedes son pieza fundamental para culminar esta etapa de nuestras vidas.

RESUMEN

El objetivo principal del proyecto es presentar una propuesta y diseño de un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales Domesticas para el caserío la Clementina, debido a que el efluente producido por las actividades domésticas se descarga de manera directa hacia el cuerpo receptor de agua dulce del río Cutuchi alterando su composición natural. Para el diseño del sistema de saneamiento se utiliza la dotación de agua potable obtenido por medio de investigación bibliográfica; se calcula los caudales en función a la población futura en donde se aplicará el proyecto, contribuyendo a garantizar la vida útil del sistema. En función al caudal de diseño (0,55 l/s) , caudal punta (2,75 l/s) y la población futura (428 hab) los procesos que se diseñaron para el sistema de tratamiento son los siguientes; cribado y desarenador, dos fosas sépticas, dos humedales artificiales de flujo subsuperficial vertical, un lecho de secado de lodos y dos lámparas de luz ultravioleta de 55 W como método final para desinfección; cabe mencionar que la alternativa de los humedales se lo determino en base a la matriz de Pugh para la toma de decisiones. Para la selección de la especie vegetal se tomó en cuenta los factores edafoclimáticos de la zona; considerando a la Totora **(*Scirpus californicus*)** como especie que ayuda a disminuir los niveles de concentración de DBO5, DQO, nitrógeno total, fósforo total, coliformes y sólidos totales, además de brindar una adecuada oxigenación al humedal. De la misma manera se realizó un presupuesto referencial en base a estimaciones de costos para la ejecución y construcción de la obra; con este diseño se espera que las aguas tratadas se reutilicen como agua de riego para cultivos, cumpliendo con los niveles de calidad señalados en la Tabla 3 Criterios de calidad de aguas para riego agrícola establecido en el Acuerdo N°097-A.

PALABRAS CLAVES:

Aguas residuales, humedal artificial, eficiencia, saneamiento, caudales, diseño, vegetación**.**

ABSTRACT

The main objective of the project is to present a proposal and design of a Domestic Wastewater Treatment System for the La Clementina farmhouse, since the effluent produced by domestic activities is discharged directly into the fresh water body of the Cutuchi River, altering its natural composition. For the design of the sanitation system, the potable water supply obtained through bibliographical research is used; the flows are calculated according to the future population where the project will be applied, contributing to guarantee the useful life of the system. Depending on the design flow (0.55 l/s) , peak flow (2.75 l/s) and the future population (428 inhabitants) the processes that were designed for the treatment system are the following; screening and desanding, two septic tanks, two vertical subsurface flow artificial wetlands, a sludge drying bed and two 55 W ultraviolet light lamps as a final method for disinfection; it is worth mentioning that the alternative of the wetlands was determined based on the Pugh matrix for decision making. For the selection of the vegetable species, the edaphoclimatic factors of the area were taken into account; considering the Totora **(*Scirpus californicus*)** as a species that helps to decrease the concentration levels of DBO5, DQO, total nitrogen, total phosphorus, coliforms and total solids, besides providing an adequate oxygenation to the wetland. In the same way, a referential budget was made based on cost estimates for the execution and construction of the work; with this design it is expected that the treated water will be reused as irrigation water for crops, complying with the quality levels indicated in Table 3 Water quality criteria for agricultural irrigation established in Agreement N°097-A.

KEYWORDS:

Wastewater, artificial wetland, efficiency, sanitation, flows, design, vegetation.

TABLA DE CONTENIDO

CAPITULO I 1

1. INTRODUCCIÓN 1

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 1

1.2. OBJETIVOS: 1

1.2.1. OBJETIVO GENERAL: 1

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS: 1

1.3. JUSTIFICACIÓN: 1

CAPITULO II 2

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA 2

2.1. AGUAS RESIDUALES 2

2.2. AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS 3

2.3. CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES 3

2.4. CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL 5

2.5. TIPOS DE TRATAMIENTO 6

2.5.1. PRETRATAMIENTO 6

2.5.2. TRATAMIENTO PRIMARIO 7

2.5.3. TRATAMIENTO SECUNDARIO 7

2.5.4. MÉTODO DE DESINFECCIÓN 8

2.5.5. NORMATIVA AMBIENTAL VIGENTE 8

CAPITULO III 9

3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN 9

3.1. LOCALIZACIÓN 9

3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN 11

3.3. MÉTODOS DE LA INVESTIGACIÓN 11

3.3.1. DATOS DE PARTIDA PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS 12

3.3.2. ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS 15

3.3.3. DIMENSIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS 18

3.3.3.1. CANAL DE ENTRADA 18

3.3.3.1.1. ANCHO ÚTIL DE PASO 19

3.3.3.1.2. PROFUNDIDAD 19

3.3.3.2. SISTEMA DE CRIBADO 20

3.3.3.2.1. NUMERO DE BARROTES 20
3.3.3.3. DESARENADOR 21
3.3.3.3.1. TAMAÑO DE PARTÍCULAS 21
3.3.3.3.2. VELOCIDAD DE FLUJO 21
3.3.3.3.3. LONGITUD 21
3.3.3.3.4. ÁREA ÚTIL 22
3.3.3.3.5. PROFUNDIDAD 22
3.3.3.3.6. CARGA SUPERFICIAL 22
3.3.3.4. FOSA SÉPTICA 23
3.3.3.4.1. CONTRIBUCIÓN PER CÁPITA DE LAS AGUAS RESIDUALES (C) 23
3.3.3.4.2. CONTRIBUCIÓN PER CÁPITA DE LODOS (Lf) 23
3.3.3.4.3. CONTRIBUCIÓN DIARIA DE LAS AGUAS RESIDUALES 24
3.3.3.4.4. TIEMPO DE RETENCIÓN HIDRÁULICA 24
3.3.3.4.5. TASA DE ACUMULACIÓN DE LODO DIRIGIDO (K) 24
3.3.3.4.6. VOLUMEN ÚTIL DE LA FOSA SÉPTICA 25
3.3.3.4.7. DIMENSIONES DE LA FOSA SÉPTICA 25
3.3.3.4.8. LONGITUD TOTAL DE LA FOSA 26
3.3.3.4.9. LONGITUD DEL PRIMER COMPARTIMENTO O CÁMARA 26
3.3.3.4.10. LONGITUD DEL SEGUNDO COMPARTIMENTO O CÁMARA 26
3.3.3.4.11. BORDE INFERIOR DE LOS ORIFICIOS DE PASO 27
3.3.3.4.12. BORDE SUPERIOR DE LOS ORIFICIOS DE PASO 27
3.3.3.4.13. CÁLCULOS ADICIONALES DE RESGUARDO DEL EQUIPO 27
3.3.3.4.14. ALTURA TOTAL 27
3.3.3.5. LECHO DE SECADO DE LODOS 27
3.3.3.5.1. CARGA DE SÓLIDOS QUE INGRESA A SEDIMENTADOR 28
3.3.3.5.2. CARGA PER CÁPITA DE SOLIDOS 28
3.3.3.5.3. MASA DE SÓLIDOS QUE CONFORMAN LOS LODOS 29
3.3.3.5.4. VOLUMEN DIARIO DE LODOS DIGERIDOS 29
3.3.3.5.5. VOLUMEN DE LODOS A EXTRAERSE DE LA FOSA 29
3.3.3.5.6. ÁREA DEL LECHO DE SECADO 30
3.3.3.6. HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL VERTICAL(HFSSV) 30
3.3.3.6.1. AREA SUPERFICIAL 30
3.3.3.6.2. VEGETACIÓN 31
3.3.3.7. MÉTODO DE DESINFECCIÓN 32
3.3.3.8. RADIACIÓN ULTRAVIOLETA 32

3.3.4. ANÁLISIS TÉCNICO – ECONÓMICO 32
CAPITULO IV 33
4. RESULTADOS 33
4.1. NUMERO DE HABITANTES 33
4.2. CLIMA 33
4.3. EXISTE ALGÚN SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA LAS AGUAS RESIDUALES 33
4.4. TASA DE CRECIMIENTO 34
4.5. POBLACIÓN FUTURA 34
4.6. DOTACIÓN 35
4.7. CAUDALES 35
4.8. ALTERNATIVAS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS 36
4.9. DIMENSIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS 39
4.10. ANÁLISIS TÉCNICO- ECONÓMICO 53
4.10. PROPUESTA PARA LA REUTILIZACIÓN DEL AGUA 57
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 58
6. BIBLIOGRAFÍA 60
7. ANEXOS 64
7.1. ESQUEMA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES 66

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Criterios de Calidad de Aguas para Riego Agrícola. 9
Tabla 2 Fórmulas empíricas para el cálculo de los caudales mínimo y punta para diferentes tamaños de población. 14
Tabla 3 Fórmulas empíricas para el cálculo de caudal punta para diferentes tamaños de población. 15
Tabla 4 Ponderación de la Matriz de Pugh 17
Tabla 5 Matriz de Pugh para la toma de decisiones. 17
Tabla 6 Valores recomendados de los parámetros necesarios para el diseño de un canal de desbaste y sus respectivas rejas 19
Tabla 7 Valores recomendados de los parámetros necesarios para el dimensionamiento de desarenadores. 21
Tabla 8 Contribución de aguas residuales por persona 23
Tabla 9 Tiempo de retención hidráulica. 24
Tabla 10 Valores de la tasa de acumulación de lodos. 25
Tabla 11 Criterios de diseño para humedales artificiales verticales. 31
Tabla 12 Datos Poblacional - Pelileo 34
Tabla 13 Caudales obtenidos 35
Tabla 14 Comparación de las alternativas en base a los criterios de selección. 36
Tabla 15 Análisis de selección de Alternativa. 38
Tabla 16 Datos de partida. 39
Tabla 17 Dimensión del canal de entrada. 40
Tabla 18 Dimensiones de la rejilla. 41
Tabla 19 Dimensiones del desarenador. 43
Tabla 20 Datos de partida para el diseño de la fosa séptica. 44
Tabla 21 Dimensiones de la fosa séptica. 46
Tabla 22 Dimensiones de lecho de secado de lodos. 48
Tabla 23 Dimensiones del HFSSV. 49
Tabla 24 Cotización preliminar del sistema de pretratamiento. 54
Tabla 25 Cotización del canal de entrada y desbaste. 54
Tabla 26 Cotización del Desarenador. 55
Tabla 27 Cotización de la Fosa Séptica. 55

Tabla 28 Cotización del Lecho de Secado de Lodos..... 56
Tabla 29 Cotización del humedal artificial. 56
Tabla 30 Cotización del Método de desinfección UV. 57
Tabla 31 Costo total de implementación de la planta de tratamiento. 57

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Ubicación de la zona de estudio. 10
Ilustración 2 Ubicación de la Planta de Tratamiento. 10
Ilustración 3 Prototipo de un sistema combinado cribado y desarenador. 43
Ilustración 4 Humedal artificial de flujo subsuperficial (PECC Sevilla 100 h.e.)..... 50
Ilustración 5 Arqueta de salida del efluente tratado. 51
Ilustración 6 Sistema de bombeo (sifones de auto descarga) 51
Ilustración 7 Lámparas Uv..... 53

ÍNDICE DE ANEXOS

Tabla A 1 Consumo domiciliario de aguas potable Caserío la Clementina..... 64
Tabla A 2 Dotación actual in situ..... 64
Tabla A 3 Estimación de las aguas residuales domesticas cerca de la zona de estudio..... 65
Tabla A 4 Dotaciones Recomendadas..... 65

CAPITULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

¿Se puede disminuir los impactos ambientales, de las aguas residuales, por la descarga a los cuerpos de agua dulce de manera directa sin previo tratamiento que afecta a los recursos hídricos, ecosistemas, equilibrio ambiental, económico y social del Caserío La Clementina?

1.2. OBJETIVOS:

1.2.1.OBJETIVO GENERAL:

- Fundamentar criterios de diseño para un sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas mediante la revisión bibliográfica y consulta a expertos para el Caserío La Clementina, Cantón Pelileo, Provincia de Tungurahua.

1.2.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Determinar los datos de partida para el diseño del sistema de tratamiento de las aguas residuales domésticas generadas en el Caserío La Clementina, Cantón Pelileo, Provincia de Tungurahua.
- Conceptualizar investigaciones bibliográficas sobre diferentes alternativas de tratamiento de aguas residuales domésticas y establecerlas para el Caserío La Clementina, Cantón Pelileo, Provincia de Tungurahua.
- Dimensionar y plantear los costos del sistema de tratamiento escogido para el Caserío La Clementina, Cantón Pelileo, Provincia de Tungurahua.

1.3. JUSTIFICACIÓN:

(Fernández Cirelli, 2012; UNICEF, 2017) Mencionaron que el agua es un recurso hídrico renovable importante para el diario vivir del ser humano ya que la utilizamos en diversos fines como son para aseo personal, recreación, alimentación, etc.

El Caserío la Clementina que se encuentra ubicado en el Cantón Pelileo, Provincia de Tungurahua, alberga alrededor de 376 habitantes, que para realizar sus actividades diarias (aseo personal, limpieza del hogar, alimentación) ocupan una gran cantidad de agua, mismas que al ser utilizadas cambian su composición físico, químico y biológico, convirtiéndose en aguas

residuales domésticas , las cuales son vertidas de manera directa hacia una fuente de agua dulce; sin embargo, al no brindar un tratamiento previo a dichas aguas estas pueden causar afectaciones significativas alterando los ecosistemas.

(Ramos Medina , 2019) Expreso que la implementación de un sistema de tratamiento para las aguas de tipo domiciliarias, es una propuesta efectiva para evitar y solucionar parte de los problemas que genera la mala disposición de las mismas, una vez tratadas las aguas se pueden reutilizar para regar los cultivos, cumpliendo los criterios de calidad de aguas para riego agrícola establecido en el Acuerdo N°097-A. Mediante la implementación de dicho sistema se contribuirá a un uso sostenible del agua, disminuyendo la alteración del medio ambiente y preservando la salud de los habitantes del sector (Díaz Cuenca, Alvarado Granados, & Camacho Calzada, 2012).

Hoy en día una de las problemáticas más grandes a nivel mundial es la contaminación de los recursos hídricos, misma que ha puesto a diversas personas a buscar alternativas para dar solución a dicha contaminación. En relación con la constitución del Ecuador 2008, Titulo II, Capítulo Segundo, Sección Segunda, Articulo 14 se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, sumak kawsay. Tomando a consideración los argumentos que se han planteado se expresa la importancia de realizar un proyecto ambiental que contribuya a mejorar la calidad de vida de las familias que habitan en el Caserío La Clementina.

CAPITULO II

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. AGUAS RESIDUALES

Se considera agua residual a toda fuente proveniente de satisfacer una necesidad humana ya sea doméstica, industrial y otras. Esta agua considerada en un 99% agua y en un 1% sólidos en suspensión o sólidos disueltos, los mismos que por sus características se pueden clasificar en inorgánicos (carbonato, sulfato, nitrógeno, fósforo, cloruros y otros tóxicos como el zinc, mercurio, cromo, cadmio, cobre y plomo) y orgánicos (nitrogenados y no nitrogenados). Estas aguas también tienen altas concentraciones de microorganismo patógenos (Ronquillo Abad, 2016).

2.2. AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS

Son las aguas de origen principalmente residencial (desechos humanos, baños, cocina) y otros usos similares que en general son recolectadas por sistemas de alcantarillado en conjunto con otras actividades (comercial, servicios, industria) (Allende Limo & Mendoza Zuloeta, 2018).

Aguas Negras: Agua contaminada con sustancias fecales y orina, procedentes de vertidos humanos, orgánicos o animales su importancia es tal manera que requiere de un sistema para poder ser desalojado y tratamiento (Flores Llantoy, 2016).

Aguas Grises: Básicamente son aguas con jabón, algunos residuos grasos de la cocina y detergentes biodegradables. Es importante señalar que las aguas grises pueden transformarse en aguas negras si son retenidas sin oxigenar en un tiempo corto (Flores Llantoy, 2016).

Aguas Servidas: Provenientes de uso doméstico como pueden ser higiene personal, limpieza y lavado de cualquier índole (Flores Llantoy, 2016).

2.3. CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES

Las aguas residuales presentar propiedades fisicoquímicas ya que han sido utilizadas con un fin consuntivo, incorporando a ellas sustancias que deterioran su calidad original (contaminación), disminuyendo su potencialidad de uso (Allende Limo & Mendoza Zuloeta, 2018).

Características Físicas

Temperatura: La temperatura del agua residual, por lo general es un poco mayor que el agua de abastecimiento. Si sucede lo contrario, es decir si el agua residual tiene una temperatura menor que la del agua, quiere decir que existe infiltración de aguas subterráneas o superficiales (Lizana Yarlequé, 2018).

Color: Aguas residuales domésticas e industriales, degradación natural de materia orgánica. El color de las aguas residuales es causado por los sólidos suspendidos, material coloidal y sustancias en solución. El color causado por los sólidos suspendidos se llama color aparente mientras que el color causado por sustancias disueltas y coloidales se denomina color verdadero (Campoverde Niño, 2019).

Olor: El olor de un agua residual fresca es generalmente inofensivo, pero cuando se produce la degradación biológica de la materia bajo condiciones anaerobias de las aguas residuales se liberan una gran cantidad de compuestos malolientes (Campoverde Niño, 2019).

Solidos totales: Están conformados por sólidos de distintos tamaños, que a su vez se definen como sólidos sedimentables, sólidos suspendidos, coloides y sólidos disueltos (Lizana Yarlequé, 2018).

Características Químicas

Materia orgánica: La materia orgánica está formada en 90 % por carbohidratos, proteínas, grasas y aceites provenientes de heces y orina de seres humanos, restos de alimentos y detergente. Estos contaminantes son biodegradables, es decir, pueden ser transformados en compuestos más simples por la acción de microorganismos naturales presentes en el agua, cuyo desarrollo se ve favorecido por las condiciones de temperatura y nutrientes de las aguas residuales (Lizana Yarlequé, 2018).

Gases: Encontramos en el agua residual distintos tipos de gases a diferentes concentraciones. Oxígeno disuelto (**O2**): Es el más importante, y es un gas que va siendo consumido por la actividad química y biológica. El oxígeno disuelto adecuado es necesario para una buena calidad del agua (Lizana Yarlequé, 2018).

Sulfuro de hidrógeno (H2S): Se forma a partir de una reacción biológica en sistemas de desagüe o plantas de tratamiento de aguas residuales. El H2S se genera a través de una fermentación anaeróbica (sin oxígeno) de materia orgánica presente en aguas residuales (Lizana Yarlequé, 2018).

Metano (CH4): Es el principal subproducto de la descomposición anaerobia de la materia orgánica del agua residual (Lizana Yarlequé, 2018).

pH: Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales. Medida de la concentración del ion hidrógeno en el agua, expresada como el logaritmo negativo de la concentración molar del ion hidrógeno (Campoverde Niño, 2019).

Fósforo: Es la concentración de todas las formas presentes del fósforo; ya sean orgánicas, inorgánicas, disueltas y/o en formas de partículas en una muestra de agua residual. El fósforo orgánico procede de la descomposición de la materia orgánica de aguas residuales domésticas, aguas residuales agroindustriales, y de industrias alimenticias (Campoverde Niño, 2019).

Nitrógeno: El nitrógeno es un indicador relevante en los estudios medioambientales, debido a la importancia que este tiene en los procesos de tratamiento, en el control de la calidad de las aguas y de las descargas de las aguas residuales al medio, en las aguas residuales se encuentran

diferentes especies nitrogenadas, como son: nitrógeno orgánico y amoniacal, nitritos, nitratos, entre otras (Ramos Medina , 2019).

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO): Es un parámetro que mide la cantidad de oxígeno necesaria para que una población microbiana heterogénea estabilice la materia orgánica biodegradable presente en la muestra de aguas residuales (Lizana Yarlequé, 2018).

Demanda química de oxígeno (DQO): La demanda química de oxígeno es la cantidad de oxígeno necesario para oxidar la materia orgánica a través de métodos químicos y convertirla en dióxido de carbono y agua (Lizana Yarlequé, 2018).

Nitratos: El ion nitrato (NO3) forma sales muy solubles y estables. En un medio reductor puede pasar a nitritos, nitrógeno e incluso amoníaco. Las aguas normales contienen menos de 10 ppm, y el agua de mar hasta 1 ppm. Aguas con infiltraciones de zona de riego con contaminación por fertilizantes pueden tener hasta varios centenares de ppm (Nishikiten, 2013).

Nitritos: El nitrito se encuentra presente como ión nitrito (NO2) o como ácido nitroso (HNO2); la concentración de cada uno de ellos, depende del pH del agua de manera directa para el ión y de manera inversa para el ácido; ambos compuestos son 31 extremadamente tóxicos, pero en la naturaleza el ión es más común (Cárdenas Calvachi & Sánchez Ortiz, 2013).

2.4. CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL

Estas características se deben a la presencia de microorganismos en el agua residual, entre los cuales encontramos:

Bacterias: Tienen un rol importante en la descomposición y estabilización de la materia orgánica, tanto en el marco natural como en las plantas de tratamiento de aguas residuales. Por ello resulta imprescindible conocer sus características, funciones, metabolismos y proceso de síntesis. Hay distintos tipos de bacterias presentes en el agua residual, las bacterias de origen fecal y las que intervienen en el proceso de biodegradación (Lizana Yarlequé, 2018).

Algas: Su presencia en el agua residual es de suma importancia, ya que contribuyen, junto con las bacterias, a la estabilización de la materia orgánica presente en las aguas residuales. Es importante resaltar que el crecimiento de las algas se ve beneficiado por la presencia en las aguas residuales de varias formas de nitrógeno y fósforo (Lizana Yarlequé, 2018).

2.5. TIPOS DE TRATAMIENTO

El tratamiento de aguas residuales es una operación que utiliza diferentes procesos de depuración: físicos, químicos y microbiológicos, por medio de unidades tratamiento convencionales o naturales, permitiendo de esta manera que el agua que se desea tratar pueda eliminar la mayor parte de contaminantes presentes en la misma con la finalidad de que sus parámetros cumplan con los límites establecidos por las normas ambientales (Valencia López, 2013).

2.5.1. PRETRATAMIENTO

El pretratamiento, aunque no se considera un tratamiento con el que se logre reducir la carga contaminante de los vertidos, si desempeña un papel fundamental en la medida en que elimina elementos que pueden causar descensos en la eficiencia del tratamiento y, quizá lo más importante, protege los equipos, partes y unidades de la depuradora de daños que pueden resultar funestos para el funcionamiento de la planta y del sistema de evacuación y transporte de aguas residuales, en general (Lozano Rivas , 2012).

SISTEMA DE CRIBADO

El desbaste se conoce también como cribado y se hace, de manera frecuente, mediante la instalación de rejillas metálicas de diferentes características de diseño y operación, dependiendo del tipo de agua a tratar (Lozano Rivas , 2012).

Rejillas de limpieza manual Se instalan en depuradoras pequeñas y son inclinadas (usualmente a 60° respecto de la horizontal) para facilitar las labores de limpieza del operario, quien retira los sólidos retenidos en la rejilla con ayuda de un rastrillo u otra herramienta similar dentada y los dispone temporalmente en una lámina perforada o canastilla, conocida como depósito escurridor, para eliminar el agua. Posteriormente, estos desechos se llevan a incineración o a un relleno sanitario (Lozano Rivas , 2012).

DESARENADOR

Son cámaras diseñadas para reducir la velocidad del agua residual además permiten la separación de sólidos minerales (arena), por sedimentación. La remoción de arenas se realiza en unidades de tratamiento denominados desarenadores con el fin de:

- Proteger los equipos mecánicos de la abrasión y el excesivo desgaste.

- Reducir la formación de depósitos de sólidos pesados en unidades y conductos aguas abajo.
- Reducir la frecuencia de limpieza de los digestores por causa de acumulación excesiva de arenas.

Normalmente los desarenadores se ubican después de las unidades que remueven sólidos gruesos (tamizado) y antes de tanques de sedimentación primaria. Tres clases de desarenadores son los más usados: de flujo horizontal para canales de sección rectangular o cuadrada; aireada y de vórtice (Gómez Rendón, 2013).

2.5.2.TRATAMIENTO PRIMARIO

Esta fase tiene como objetivo eliminar por efecto de la gravedad, los sólidos suspendidos de las aguas residuales; los cual se obtiene de manera libre, o asistida con químicos que congregan las partículas (floculantes) para que ganen peso y decanten con mayor velocidad. Estos sólidos suspendidos eliminados de la fase son, en su mayoría materia orgánica, por lo cual se presenta una reducción importante en la concentración de DBO_5 del efluente (Lozano, 2012).

FOSA SÉPTICA

Los tanques sépticos se utilizarán por lo común para el tratamiento de las aguas residuales de familias que habitan en localidades que no cuentan con servicios de alcantarillado o que la conexión al sistema de alcantarillado les resulta costosa por su lejanía. El uso de tanques sépticos se permitirá en localidades rurales y urbanas. Las aguas residuales pueden proceder exclusivamente de las letrinas con arrastre hidráulico o incluir también las aguas grises domésticas (generadas en duchas, lavaderos, etc.). El tanque séptico con su sistema de eliminación de efluentes (sistema de infiltración), presenta muchas de las ventajas del alcantarillado tradicional (OPS, 2005).

2.5.3.TRATAMIENTO SECUNDARIO

HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SU SUPERFICIAL VERTICAL

En el humedal FSSV el agua circula de forma vertical, a través de un sustrato de arena o gravilla de aproximadamente 1m de espesor en el cual está sujeta la vegetación componente, ayudada por sifones de descarga controlada, este sistema está constituido por varias capas de material filtrante empezando desde la más fina en la parte superior y llegando a ser la más gruesa la de la parte inferior; adicionalmente a esto se pueden construir chimeneas como sistema de

aireación lo cual consiste en un sistema de tuberías que están cribadas y tienen salida al exterior lo cual también contribuye a mantener las condiciones aerobias requeridas (Pazán Toledo & Trelles Calle, 2018).

2.5.4.MÉTODO DE DESINFECCIÓN

Este proceso sería la última etapa de nuestro sistema de saneamiento de aguas domésticas y para cumplir con nuestro objetivo se ha tomado en consideración utilizar como sistema de desinfección el uso de luz ultravioleta la cual eliminara en el último proceso microorganismos como lo son virus, bacterias, hongos, algas, protozoarios según (Pietrobon Tarrán, s.f.).

ULTRAVIOLETA

La radiación ultravioleta se caracteriza por longitudes de onda muy cercanas a las de la luz del sol, los parámetros más importantes de la radiación UV relacionados con la desinfección del agua son; la longitud de onda, el rango germicida que se encuentra entre 240 y 300 nm y se obtiene la máxima eficiencia desinfectante cerca de los 253-260 nm (Zhou & Smith, 2002; Sonntag & Schuchmann, 1992).

2.5.5.NORMATIVA AMBIENTAL VIGENTE

Acuerdo Nº 097/A - Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua (Anexo 1, Libro VI de la Calidad Ambiental, del Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente).

Para la presente propuesta de saneamiento de aguas residuales se toma en consideración la normativa ambiental vigente del Ecuador, que permitirá comparar a detalle los componentes característicos de las aguas, estos se detallan en la tabla 1, donde se entiende por agua de uso agrícola aquella empleada para la irrigación de cultivos y otras actividades conexas o complementarias que establezcan los organismos competentes. Se prohíbe el uso de aguas servidas para riego, exceptuándose las aguas servidas tratadas y que cumplan con los niveles de calidad establecidos en la tabla 1 (TULSMA, 2015).

Tabla 1 Criterios de Calidad de Aguas para Riego Agrícola.

Parámetro	Expresado como	Unidad	Criterio de calidad
Aceites y grasas	Película visible		Ausencia
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico	As	mg/l	0,1
Berilio	Be	mg/l	0,1
Boro	B	mg/l	0,75
Cadmio	Cd	mg/l	0,05
Cinc	Zn	mg/l	2,0
Cobalto	Co	mg/l	0,01
Cobre	Cu	mg/l	0,2
Coliformes fecales	NMP	NMP/100ml	1000
Cromo	Cr^{+6}	mg/l	0,1
Flúor	F	mg/l	1,0
Hierro	Fe	mg/l	5,0
Huevos de parásitos			Ausencia
Litio	Li	mg/l	2,5
Material flotante	Visible		Ausencia
Mercurio	Hg	mg/l	0,001
Manganeso	Mn	mg/l	0,2
Molibdeno	Mo	mg/l	0,01
Níquel	Ni	mg/l	0,2
Nitritos	NO_2	mg/l	0,5
Oxígeno Disuelto	OD	mg/l	3
pH	pH		6-9
Plomo	Pb	mg/l	5,0
Selenio	Se	mg/l	0,02
Sulfatos	SO_4^{-2}	mg/l	250
Vanadio	V	mg/l	0,1

Fuente: (TULSMA, 2015)

CAPITULO III

3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. LOCALIZACIÓN

El Caserío la Clementina se encuentra ubicado en el cantón Pelileo, Provincia de Tungurahua, a 2600 msnm, limitando:

Norte: la parroquia Chiquicha.

Sur: el rio Patate.

Este: el Cantón Patate.

Oeste: la Parroquia García Moreno y la comunidad del Obraje.



Ilustración 1 Ubicación de la zona de estudio.
Elaborado por: Lluglla Joselyn & Montaluisa Paul

UBICACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

La planta de tratamiento se va a ubicar en el terreno cercano al sistema hídrico, permitiendo que lleguen las aguas de cada uno de los domicilios sin ningún problema, además se consideró que es un área de gran tamaño tomando en cuenta que es un pastizal.



Ilustración 2 Ubicación de la Planta de Tratamiento.
Elaborado por: Lluglla Joselyn & Montaluisa Paul.

3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El presente trabajo sobre la propuesta de tratamiento de aguas residuales para el Caserío La Clementina, corresponde a la línea de investigación Gestión y Conservación Ambiental. La investigación que se va realizar pertenece al tipo de diseño exploratorio ya que esta se caracteriza por analizar un problema poco conocido, la misma que considera muestras pequeñas para el desarrollo del trabajo, además dicha investigación corresponde al diseño especifico documental la cual trata de indagar, comparar, analizar, recopilar, organizar e interpretar la información sobre un tema de estudio partiendo de información de fuentes documentales estas pueden ser fuentes de información secundaria tales como bibliografías, libros de texto, artículos de revistas, documento digital o sitio web. Por tanto, teniendo como fundamento la información existente sobre la problemática se puede proponer un sistema de tratamiento de aguas residuales domesticas como una opción que beneficie a la conservación y preservación de los recursos naturales, esta investigación tiene la característica de presentar un enfoque de investigación de tipo cualitativa ya que, a partir del análisis bibliográfico, entrevistas vía online realizadas se podrá conocer los antecedentes del problema a investigar.

3.3. MÉTODOS DE LA INVESTIGACIÓN

Entre los métodos que se va a aplicar tenemos el método cualitativo y el método comparativo que a continuación se detalla de mejor manera:

- El método cualitativo nos ayuda a comprender cuál es el problema que tiene el área de estudio mediante la observación e investigación bibliográfica, sobre temas relacionados al caso de estudio, en referencia a la búsqueda de una solución para el saneamiento de las aguas residuales.
- El método comparativo busca obtener información de las diferentes investigaciones que se han realizado sobre la problemática a tratar, para poder establecer semejanzas y diferencias entre los mismos, una vez que se realiza dicha comparación se podrá hallar la mejor alternativa de un sistema de tratamiento que contribuya al saneamiento de las aguas residuales domésticas, así dando una alternativa de solución eficaz.

3.3.1. DATOS DE PARTIDA PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS

Para obtener los caudales necesarios para el diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales domesticas por un lado se utilizó como fuentes de consulta la revisión del sitio web INEC y el Plan de Ordenamiento Territorial del GAD de Pelileo, además se realizó por medios digitales una entrevista al presidente de la junta de agua potable del Caserío la Clementina Sr. Fabián Cando.

3.3.1.1. NUMERO DE HABITANTES

En primer lugar para poder obtener información de primera mano y confiable se contactó al presidente de la junta de agua potable del caserío la clementina el Sr. Fabián Cando, por consiguiente se realizó una llamada telefónica en la cual se abordó el tema del tratamiento de las aguas residuales domesticas del caserío, motivo por el cual se le solicito muy comedidamente nos aporte el número de habitantes del caserío y el número de integrantes de cada familia, estos datos contribuyeron para poder realizar los cálculos necesarios.

3.3.1.2. DOTACIÓN

Caudal de agua potable consumido diariamente, en promedio, por cada habitante. Incluye los consumos doméstico, comercial, industrial y público, viene expresada en litros/habitante/día (INEN, 1992; Secretaria Nacional del Agua, 2014). El valor de la Dotación se obtuvo mediante revisión bibliográfica de un estudio que se ha realizado anteriormente como propuesta de diseño de un sistema de alcantarillado para el caserío y una comunidad aledaña, mismo valor que se hace referencia en la Tabla A1.

3.3.1.3. POBLACIÓN FUTURA

La población futura se estimará para el período de diseño que corresponda. Se tomarán en cuenta los aspectos políticos, sociales y económicos que puedan influir en el mayor o menor crecimiento de la población. Si se dispone de censos de población, la estimación se realizará de acuerdo con la tendencia que muestren. Si no se dispone de censos, se admitirá un crecimiento geométrico de la población (Rincón Lozano & Córdoba Mesa, 2017). Para poder calcular la población futura se tomó a consideración los valores obtenidos mediante información bibliográfica del sector, con un periodo de 10 años. Para determinar la población proyectada se tomará en cuenta la siguiente ecuación (1) (Lozano Rivas , 2012).

3.3.1.4. MÉTODO GEOMÉTRICO:

$$\mathbf{Pf = Pi(1 + r)^t} \qquad \textbf{(1)}$$

Donde:

Pf Población de diseño (# de habitantes)

Pi Población inicial (# de habitantes)

r Tasa de crecimiento geométrico de la población expresada como fracción decimal

t Período de diseño (años)

3.3.1.5. COEFICIENTE DE RETORNO

Esto se debe a la cantidad de aguas residuales generada por una comunidad esta es menor a la cantidad de agua potable que se le suministra, debido a que existen pérdidas a través del riego de jardines, abrevado de animales, limpieza de viviendas y otros usos externos (López Cualla , 2003).

Existen recomendaciones que están entre 0.75 para zonas urbanas y 0.80 para zonas rurales

3.3.1.6. CAUDAL MEDIO DIARIO

El caudal medio diario es la suma total del caudal industrial, caudal doméstico, caudal institucional y caudal comercial; para el cálculo del caudal medio diario se tomó como referencia la ecuación (2) que se encuentra detallada en la fuente bibliográfica fundamentos de diseño de plantas depuradoras de aguas residuales (Lozano Rivas , 2012). Cabe recalcar que no se tomó en consideración el caudal industrial debido a que no existe ninguna industria en la zona de estudio, del mismo modo se eliminan los caudales institucional y comercial por motivo de que no existen unidades educativas y zonas comerciales. Este caudal será el producto de la población aportante y de las dotaciones de agua potable correspondientes al inicio y final del período de diseño, afectado por el coeficiente de retorno (INEN, 1992).

$$\boldsymbol{Q_{md} = Q_{dom} + Q_{ind} + Q_{ins} + Q_{com}} \qquad \textbf{(2)}$$

Donde:

Qdom Caudal domestico de aguas residuales (L/s)

Qind Caudal industrial de aguas residuales (L/s)

Qins Caudal institucional de aguas residuales (L/s)

Qcom Caudal comercial de aguas residuales (L/s)

3.3.1.7. CAUDAL DOMESTICO

Para obtener el caudal domestico se utilizó la dotación diaria de agua potable que es asignado a los diferentes hogares, misma que es distribuida por la junta administradora de agua potable, debido a que el caserío por el momento no cuenta con un sistema de alcantarillado, para el cálculo se utilizó la ecuación (3).

$$Q_{dom} = \frac{Dotación * P * C_R}{86400} \quad (3)$$

Donde:

Qdom Aporte de aguas residuales de las actividades domésticas (L⁄s)

D Dotación de agua potable consumida por habitante y por día (L⁄hab*d)

P Número de habitantes

Cr Coeficiente de retorno sanitario (entre 0,70 y 0,85, típicamente 0,80)

3.3.1.8. CAUDAL MÍNIMO

El caudal mínimo es el menor de los valores, que se puede presentar en un sistema de alcantarillado, siendo su valor la mitad del caudal medio diario. Para su obtención se tomó en cuenta el tamaño de la población que se detalla en la tabla 2, junto con la ecuación que se requiere para realizar el cálculo (4)

Tabla 2 Fórmulas empíricas para el cálculo de los caudales mínimo y punta para diferentes tamaños de población.

Tamaño de la población	Caudal mínimo "Qmin"
Pequeña (< 20.000 h-eq)	0,30 * Qmd
Mediana (20.000 – 60.000 h-eq)	0,45* Qmd
Grande (60.000 h-eq)	0,60* Qmd

Fuente: (Lozano Rivas , 2012)

$$Q_{min} = 0,30 * Q_{med} \quad (4)$$

Donde:

Qmin Caudal mínimo

Qmed Caudal medio

3.3.1.9. CAUDAL PUNTA

Para obtener la caudal punta se utiliza la población equivalente que corresponde a <20.000 h-eq la cual se puede observar en la tabla 3, mediante la ecuación (5) donde que se multiplica 5 por el caudal medio diario obtenido con la ecuación (2):

Tabla 3 Fórmulas empíricas para el cálculo de caudal punta para diferentes tamaños de población.

Tamaño de la población	**Caudal punta "Qp"**
Pequeña (< 20.000 h-eq)	5* Qmd
Mediana (20.000 – 60.000 h-eq)	3* Qmd
Grande (60.000 h-eq)	2* Qmd

Fuente: (Lozano Rivas , 2012)

$$\boldsymbol{Qp = 5 * Qmd} \qquad \textbf{(5)}$$

Donde:

Qp Caudal punta

Qmed Caudal medio

3.3.1.10. CAUDAL MÁXIMO

Es el caudal medio diario consumido por las personas en un día de máximo consumo se lo puede obtener mediante la ecuación (6):

$$\boldsymbol{Qmaxd = Qp * 2} \qquad \textbf{(6)}$$

Donde:

Qmaxd caudal máximo diario

Qp caudal punta

3.3.2.ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS

Para elegir la mejor alternativa en el tratamiento de las aguas residuales domesticas se investigó y analizo diferentes fuentes bibliográficas de varios lugares que cuenten con antecedentes, donde se haya aplicado o implementado métodos efectivos para el saneamiento de las aguas residuales domésticas, tomando en cuenta las ventajas y desventajas que estos presenten; considerando los costos de implementación, mantenimiento, eficiencia, espacio necesario para

su ubicación, consumo de energía. El análisis entre varias alternativas permitió seleccionar la mejor opción para nuestra área de estudio tomando en cuenta los factores edafoclimáticos de la zona.

3.3.2.1. SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA

Mediante la revisión bibliográfica que se realizó y la consulta a expertos en el área, se obtuvo tres alternativas que son óptimas para el tratamiento de aguas residuales domesticas (HFSSV, Biodigestor + HFSSH, UASB + Filtro percolador), sin embargo; en base a los criterios establecido por los autores se procedió a la selección de la alternativa para el tratamiento secundario como es el Humedal artificial de Flujo Subsuperficial Vertical para el saneamiento de las aguas domésticas, la elección se realizó en base a la matriz de pugh (Pugh, 1990) para la toma de decisiones , la cual toma como referencia los criterios de selección y las alternativas propuestas, la finalidad de la matriz es estimar en base a un ponderación de +1 si es mejor el criterio , -1 si es peor el criterio, 0 si son similares.

3.3.2.2. CRITERIOS DE SELECCIÓN

Se estableció 5 criterios de selección mismos que son de mayor importancia al momento de elegir la mejor alternativa para el saneamiento.

Costos de Inversión: Al momento de seleccionar la mejor alternativa se tomó en cuenta que el costo de adquisición de los materiales para su construcción no sea elevado y que a su vez los materiales se puedan encontrar cerca del área de implementación.

Consumo de Energía: De manera primordial se debe establecer que la alternativa seleccionada no incurra en gastos por consumo de energía, reduciendo así en la implementación de equipos electrónicos para su funcionamiento.

Mantenimiento y Operación: Se debe tomar en cuenta que la alternativa seleccionada no incurra en un futuro muy cercano en gastos extras para su mantenimiento, además que los costos de operación sean sencillos y no requiera de un equipo especializado para el mismo.

Espacio Necesario: El área que debe ocupar el tratamiento secundario no debe ser de gran extensión, además se debe considerar que existe disponibilidad de terreno.

Eficiencia: La alternativa debe cumplir la remoción de los contaminantes a los que va estar expuesto, para que al momento de que las aguas sean desechadas cumplan los límites máximos permisibles establecidos en las nomas ecuatorianas.

La Matriz de Pugh establece ponderaciones para la selección de alternativas mediante su relación con los criterios dándole valores según lo que el autor considera en la tabla 4

Tabla 4 Ponderación de la Matriz de Pugh

PONDERACIONES	
+1	Si es mejor el criterio
-1	Si es peor el criterio
0	Si son similares.

Fuente: (Pugh, 1990)
Adaptado por: Llugllla Joselyn & Montaluisa Paul

Tabla 5 Matriz de Pugh para la toma de decisiones.

MATRIZ DE PUGH			
ALTERNATIVAS / **CRITERIO**	**A1**	**A2**	**A3**
C1	0	-1	1
C2	-1	-1	1
C3	1	1	1
C4	0	-1	-1
C5	1	0	0
TOTAL	1	-2	2

Fuente: (Pugh, 1990)
Adaptado por: Llugllla Joselyn & Montaluisa Paul

Para poder determinar cuál es la mejor alternativa se debe realizar una sumatoria de cada una de ellas considerando los valores asignados, además se debe tener en cuenta que el resultado positivo y más alto es el de mayor importancia.

3.3.3. DIMENSIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS

Para el dimensionamiento de la planta de tratamiento se toma en cuenta la alternativa seleccionada mediante la Matriz de Pugh, además para complementar su diseño se consideró instalar un pretratamiento (cribado, desarenador), tratamiento primario (fosa séptica), tratamiento secundario (HFSSV alternativa seleccionada), Lecho de secado de lodos y un método de desinfección ultravioleta, sin embargo; para su diseño hidráulico se considera los caudales ya antes calculados; una vez que las aguas sean tratadas serán reutilizadas como agua de riego. Estos tratamientos fueron investigados en fuentes bibliográficas cercanas al tema de estudio, además de tomar en cuenta criterios de diseño que son planteados por expertos en el tema, esto ayudara a reducir las posibilidades que se genere un daño en la planta de tratamiento , evitando gastos innecesarios de mantenimiento; por lo tanto esto contribuirá a que la planta tengan una gran eficiencia con la remoción de la carga contaminante la cual se encuentra presente en las aguas residuales domésticas, cumpliendo con los límites máximos permisibles que muestran en la tabla 1.

3.3.3.1. CANAL DE ENTRADA

Las aguas al ingresar a la planta de tratamiento pasan por un canal de entrada con una sección rectangular, en este espacio se encuentra ubicado el sistema de rejillas las cuales separan los sólidos grandes del agua a tratar para luego ser pasadas al sistema de depuración (García & Corzo Hernández , 2008). Para este diseño se tomó en cuenta un ancho de 0,9 m, con una altura de 0,50 los mismos se encuentran reflejados como criterios de diseño en el texto de (García & Corzo Hernández , 2008).

Tabla 6 Valores recomendados de los parámetros necesarios para el diseño de un canal de desbaste y sus respectivas rejas

Características	**Reja de Gruesos**	**Reja de Finos**
Modo de funcionamiento	Manual – Automático	Manual – Automático
Anchura de los barrotes (mm)	>12	<6
Luz entre barrotes (mm)	50-100	10-25
Pendiente en relación a la vertical (grados)	30-45	
Velocidad de aproximación (m/s)	0,3-0,6	
Pérdida de carga admisible (m)	0,15	0,15

Fuente: (García & Corzo Hernández , 2008)

3.3.3.1.1. ANCHO ÚTIL DE PASO

Una vez determinado el valor de partida para el ancho del canal, se procede a calcular el ancho útil de paso con la ecuación (7).

$$\boldsymbol{Wu = (Ac - n * Ab) * (1 - \frac{G}{100})} \quad \textbf{(7)}$$

Donde:

Wu ancho útil de paso en m

Ac ancho del canal en m

n número de barrotes

Ab ancho de barrotes en m

G grado de colmatación, normalmente se utiliza un valor de 30%

3.3.3.1.2. PROFUNDIDAD

Para la profundidad se toma el caudal máximo y la velocidad de aproximación que es 0,3 m/seg que se encuentra los criterios de la tabla 6, el cálculo se lo realiza aplicando la ecuación (8),

$$\boldsymbol{h = \frac{Q}{v} * \frac{1}{wu}} \quad \textbf{(8)}$$

Donde:

h profundidad en m

Q caudal máximo en m3/seg

v velocidad de aproximación en m/s

LARGO

El largo del canal es el lugar por donde van a ingresar las aguas para su posterior tratamiento; sin embargo, en el tiempo de retención hidráulica se toma el criterio propuesto por (García & Corzo Hernández , 2008) de 0,5 seg, para su cálculo aplica la ecuación (9):

$$\boldsymbol{L = TH * v} \qquad \textbf{(9)}$$

Donde:

L largo del canal en m

TH tiempo de retención en s

v velocidad de aproximación del agua en m/s

3.3.3.2. SISTEMA DE CRIBADO

El sistema de cribado tiene como función retener los sólidos grandes por medio de la instalación de rejas, este proceso es el que primero se encuentra con el agua antes de llegar al desarenador, el tipo de rejas o barrotes pueden ser finas o gruesas (García Quito & Ludizaca Viracocha, 2017).

Para poder diseñar este sistema se tomó en cuenta los parámetros de diseños de la tabla 6 además de utilizar la ecuación (10) para la obtención del número de barrotes:

3.3.3.2.1. NUMERO DE BARROTES

$$\boldsymbol{N = \frac{B_R - L}{b + L}} \qquad \textbf{(10)}$$

Donde:

N Número de barrotes

B_R Ancho del canal en la zona de rejilla (m)

L Luz o espacio entre barrotes (m)

3.3.3.3. DESARENADOR

Según (García Quito & Ludizaca Viracocha, 2017) , en el desarenador se van a eliminar las arenas, pero también en este proceso se puede eliminar gravas, partículas, elementos orgánicos como son semillas cascara de frutas huesos etc., para el diseño del desarenador se tomó como referencia fuentes bibliográficas de (Paredez Parra, 2017), (INEN, 1992), (Lozano Rivas , 2012).

Tabla 7 Valores recomendados de los parámetros necesarios para el dimensionamiento de desarenadores.

PARÁMETRO	VALOR	
	INTERVALO	VALOR
Carga hidráulica	<70 m3/m2*hora (a Qmax)	
Velocidad horizontal del agua	0,2-0,4 m/s	0,3 m/s
Tiempo de retención	45-90 s	60 s
Longitud	20-25 veces la altura de la lámina de agua	
Relación Largo-ancho	1,5-3,0	2

Fuente: (García & Corzo Hernández , 2008)

3.3.3.3.1. TAMAÑO DE PARTÍCULAS

Se recomienda que el diseño de desarenador este apto para partículas de 0,3 mm, este dato se obtuvo del texto de (Lozano Rivas , 2012), el cual expresa que este tipo de partículas se encuentran en aguas residuales domésticas.

3.3.3.3.2. VELOCIDAD DE FLUJO

Para partículas de 0,3 mm la velocidad de flujo es de 0,3 m/seg según (Lozano Rivas , 2012).

3.3.3.3.3. LONGITUD

La longitud del desarenador se calculó mediante el ancho del canal, el cual se asumió el mismo valor utilizado en el canal de entrada, además se tomó en cuenta la relación largo ancho de 2 m, dato que es recomendado por (García & Corzo Hernández , 2008), en el cálculo de la longitud se utilizó la ecuación (11):

$$L = Ac * relacion\ largo - ancho \quad \textbf{(11)}$$

Donde:

L longitud del desarenador en m

Ac ancho del canal en m

Relación larga – ancho 2 m

3.3.3.3.4. ÁREA ÚTIL

El área útil del desarenador es por donde van a circular las aguas residuales y es el lugar en el cual se va a realizar la retención de partículas, para este cálculo se utilizó la ecuación (12):

$$A = Q/V \quad \textbf{(12)}$$

Donde:

A área útil en m2

Q caudal máximo diario en m3/seg

V velocidad del flujo en m/s

3.3.3.3.5. PROFUNDIDAD

Para determinar la profundidad del desarenador se utilizó la ecuación (13)

$$h = A/Ac \quad \textbf{(13)}$$

Donde:

h profundidad del desarenador en m

Ac ancho del canal en m

A área útil en m2

3.3.3.3.6. CARGA SUPERFICIAL

Es el volumen de agua residual que será tratada, según (García & Corzo Hernández , 2008) si la carga superficial es menor a 70 m3/m2×hora (a Qmáx), el dimensionamiento es correcto, caso contrario, se recomienda aumentar la longitud del canal. Para el cálculo se utiliza la ecuación (14)

$$Cs = \frac{Qmax}{L*Ac} \quad \textbf{(14)}$$

Donde:

Cs carga superficial

Qmax caudal máximo en m3/h

L longitud del desarenador en m

Ac ancho del canal en m

3.3.3.4. FOSA SÉPTICA

Las fosas sépticas se utilizan para el tratamiento de las aguas residuales en localidades que no cuentan con un sistema de alcantarillado. Debido que la fosa séptica tiene un uso limitado para máximo 350 se propone diseñar dos cámaras, el primer compartimiento pueden tener lugar la mayor parte de los procesos de sedimentación y digestión, en cuyo caso sólo pasaran al segundo algunos materiales en suspensión. De este modo cuando llegan repentinamente al tanque séptico grandes cantidades de aguas servidas, si bien la eficiencia de sedimentación se reduce, los efectos son menores en el segundo compartimiento (OPS, 2005).

Los datos utilizados para el dimensionamiento de las fosas sépticas son los siguientes:

HABITANTES EQUIVALENTES

El número de habitantes que se utilizo es el cálculo de habitantes futuros mismo que es de 428 habitantes, para el caserío la clementina.

3.3.3.4.1. CONTRIBUCIÓN PER CÁPITA DE LAS AGUAS RESIDUALES (C)

Es la cantidad de agua consumido por cada uno de los habitantes por día, el valor adoptado es de 140 L/hab*día

3.3.3.4.2. CONTRIBUCIÓN PER CÁPITA DE LODOS (Lf)

Para la contribución per cápita de lodos se tomó en cuenta la tabla 8 que se encuentra en el texto de (Ras, 2000), tomando a consideración que para nuestra zona de estudio son ocupantes permanentes de clase media con un valor de 1L/hab.día.

Tabla 8 Contribución de aguas residuales por persona

Predio	**Unidades**	**Contribución de aguas residuales (C) y lodo fresco Lf (L / dia)**	
Ocupantes permanentes Residencia		C	Lf
Clase alta	persona	160	1
Clase media	persona	130	1
Clase baja	persona	100	1
Hotel (excepto lavandería y cocina)	persona	100	1
Alojamiento provisional	persona	80	1
Ocupantes temporales Fábrica en general	persona	70	0.30
Oficinas temporales	persona	50	0.20

Fuente: (Ras, 2000)

3.3.3.4.3. CONTRIBUCIÓN DIARIA DE LAS AGUAS RESIDUALES

Cantidad de aguas totales que se genera diariamente por los habitantes, tomando en cuenta la contribución per cápita ya antes estimada, para el cálculo se utilizó la ecuación (15):

$$E_c = he * c \quad \textbf{(15)}$$

Donde:

Ec Contribución diaria de aguas residuales

he Habitantes equivalentes

c Contribución per cápita de aguas residuales

3.3.3.4.4. TIEMPO DE RETENCIÓN HIDRÁULICA

El tiempo de retención hidráulica se consideró mediante la tabla 9, basándose en el cálculo de la contribución diaria de aguas residuales producidas por los habitantes del caserío, tomando en cuenta el resultado de la contribución es de $59{,}920\, L/ha * día$ dicho valor es mayor a 9000, por lo que el tiempo de retención hidráulica es de 0,50 días con un total de 12 horas

Tabla 9 Tiempo de retención hidráulica.

Contribución diaria	**Tiempo de retención hidráulica (TRH)**	
	Días	**Horas**
Hasta 1500	1,00	24
De 1501 a 3000	0,92	22
De 3000 a 4500	0,83	20
4501-6000	0,75	18
6001-7500	0,67	16
7501-9000	0,58	14
Más de 9000	0,50	12

Fuente: *(Ras, 2000)***.**

3.3.3.4.5. TASA DE ACUMULACIÓN DE LODO DIRIGIDO (K)

Para el cálculo de la tasa de acumulación de lodos se toma el valor de la tabla 10 tomando en cuenta el periodo de tiempo en el que se va a realizar la limpieza de los tanques sépticos, además se debe considerar la temperatura promedio del cantón Pelileo, la cual es de 19 °C, con un intervalo de limpieza de 1 año la tasa de acumulación de lodos es de 65.

Tabla 10 Valores de la tasa de acumulación de lodos.

Intervalo de limpieza (años)	**Valores de K por intervalo de temperatura (t) en |°C**		
	t≤10	**10 ≥ t ≤ t20**	**t ≥ 20**
1	94	65	57
2	134	105	97
3	174	145	137
4	214	185	177
5	254	225	217

Fuente: *(Ras, 2000)***.**

3.3.3.4.6. VOLUMEN ÚTIL DE LA FOSA SÉPTICA

Es el espacio que ocupan las aguas residuales dentro de las dos cámaras, este parámetro se calcula mediante la ecuación (16) (OPS, 2005):

$$V_U = 1000 + N_C(C * THR) + (K * L_f) \quad \textbf{(16)}$$

Donde:

Vu Volumen útil del tanque séptico (m^3)

Nc Número de habitantes equivalentes

C Contribución per cápita de aguas residuales (L⁄(hab. día)

TRH Tiempo de retención hidráulica (día)

K Tasa de acumulación de lodos dirigidos (día)

Lf Contribución per cápita de lodos (L⁄(hab. día)

3.3.3.4.7. DIMENSIONES DE LA FOSA SÉPTICA

La relación longitud – ancho según los criterios de diseño de la (OPS, 2005) no debe ser menor a 2 y tampoco mayor a 4, por lo que el valor seleccionado es de 3 m, mediante la obtención de este dato se procede a calcular el ancho de la fosa séptica aplicando la ecuación (17). Tomando en cuenta según los criterios la profundidad útil (H) debe ser > 1,20 m, por tal motivo la el valor de la profundidad escogida es de 2 m (OPS, 2005) .

$$b = \left(\frac{V_u}{3h * 1000}\right)^{0,5} \quad \textbf{(17)}$$

Donde:

b Ancho de la fosa (m)

Vu Volumen útil (m^3)

H Profundidad (m)

Nota: los cálculos previamente realizados se utilizan como datos de partida para calcular los siguientes procesos:

3.3.3.4.8. LONGITUD TOTAL DE LA FOSA

Para el cálculo de la longitud total de la fosa se utilizó la ecuación (18), es aquí donde se realiza el proceso de sedimentación de las partículas que se encuentran en suspensión debido a la gravedad, para determinar la longitud total se toma en cuenta la longitud de la primera cámara más la segunda.

$$\boldsymbol{L = 3b} \qquad \textbf{(18)}$$

Donde:

L Longitud de la fosa (m)

b Ancho de la fosa (m)

3.3.3.4.9. LONGITUD DEL PRIMER COMPARTIMENTO O CÁMARA

Para calcular la longitud del primer compartimento se utiliza la ecuación (19), tomando 2/3 de la longitud total de la cámara.

$$\boldsymbol{L_1 = L * 2/3} \qquad \textbf{(19)}$$

3.3.3.4.10. LONGITUD DEL SEGUNDO COMPARTIMENTO O CÁMARA

La longitud del segundo compartimento se lo determina mediante la ecuación (20) esto concierne a 1/3 de la longitud total de la cámara.

$$\boldsymbol{L_2 = L * 1/3} \qquad \textbf{(20)}$$

3.3.3.4.11. BORDE INFERIOR DE LOS ORIFICIOS DE PASO

Es el espacio que se determina por donde fluirá el agua de la primera cámara hacia la siguiente reduciendo el aporte de Solidos en suspensión mientras se encontraba retenida en la fosa séptica, este especio se calcula con la ecuación (21)

$$B_1 = h * 2/3 \quad (21)$$

3.3.3.4.12. BORDE SUPERIOR DE LOS ORIFICIOS DE PASO

Se selecciona una distancia de 0,3 m según la (OPS, 2005), en donde se ubica el nivel del agua que se encuentra en la fosa, ahí se van a ubicar los orificios de entrada y salida del agua residual, para determinar el cálculo se utilizó la ecuación (2):

$$B_s = h - 0,3m \quad (22)$$

3.3.3.4.13. CÁLCULOS ADICIONALES DE RESGUARDO DEL EQUIPO

Se debe tener en cuenta un resguardo libre sobre el nivel de agua, generalmente de 0,3 m entre el nivel superior de natas y la superficie inferior de la losa de cubierta (OPS, 2005; García & Corzo Hernández , 2008). Este cálculo a obtener se denomina altura total y la conseguiremos mediante la ecuación (23):

3.3.3.4.14. ALTURA TOTAL

$$H_T = h + 0,3 \quad (23)$$

3.3.3.5. LECHO DE SECADO DE LODOS

Lugar donde se deshidratan los lodos estabilizados provenientes de la fosa séptica, el lecho de secado de lodos se diseñó tomando en cuenta los criterios establecidos en la guía para el diseño de tanque séptico, tanque Imhoff y laguna de estabilización (OPS, 2005) , este sistema es el más económico y simple para dar tratamiento a los lodos, especialmente para comunidades pequeñas como es el caso de nuestro proyecto.

Para el dimensionamiento del lecho de secado de lodos se lo realiza determinando los siguientes parámetros:

3.3.3.5.1. CARGA DE SÓLIDOS QUE INGRESA A SEDIMENTADOR

Es la masa de sólidos en suspensión que son transportados por medio del agua residual al sedimentador esto ocurre diariamente, para determinar los SS presentes en las aguas residuales domesticas se realizó una revisión bibliografía de diferentes partes de la sierra sacando un promedio de las características típicas del agua residual doméstica en la zona de estudio, misma que se encuentra plasmada en la tabla A3, mediante la ecuación (24) se determinó la carga de solidos:

$$\boldsymbol{C = Q * SS * 0,0864} \qquad \textbf{(24)}$$

Donde:

C Carga de sólidos (Kg de SS/día)

SS Sólidos en suspensión en el agua residual cruda, en mg/l,

Q Caudal promedio de las aguas residuales.

3.3.3.5.2. CARGA PER CÁPITA DE SOLIDOS

A nivel de proyecto se puede estimar la carga en función a la contribución per cápita de sólidos en suspensión, para determinar la carga per cápita de sólidos en suspensión se utilizó la ecuación (28):

$$\boldsymbol{C = \frac{P * Cpc}{1000}} \qquad \textbf{(25)}$$

Donde:

C Carga per cápita (gSS/hab*día)

P Población

Cpc Contribución per cápita (gSS/Hab*día)

Nota: En las localidades que cuentan con el servicio de alcantarillado, la contribución per cápita se determina en base a una caracterización de las aguas residuales. Cuando la localidad no cuenta con alcantarillado se utiliza una contribución per cápita promedio de 90 gr. SS/(hab*día) (OPS, 2005).

3.3.3.5.3. MASA DE SÓLIDOS QUE CONFORMAN LOS LODOS

Cantidad de materia de solidos suspendidos que se genera al pasar por un proceso físico que se ejecuta en un tratamiento primario, mismo que se secaran antes de darles una disposición final. Se determina mediante la ecuación (26):

$$\boldsymbol{Msd = (0,5 * 0,7 * 0,5 * C) + (0,5 * 0,3 * C)} \quad \textbf{(26)}$$

Donde:

Mds Masa de sólidos (kg SS/día)

C Carga.

3.3.3.5.4. VOLUMEN DIARIO DE LODOS DIGERIDOS

Volumen de lodos que circulan por los sistemas de tratamiento por medio del agua residual, estos se obtienen mediante la ecuación (27):

$$\boldsymbol{Vld = \frac{Msd}{\rho lodo * (\%\, S/100)}} \quad \textbf{(27)}$$

Donde:

Vld Volumen de lodos digeridos (L/día)

plodo Densidad de los lodos, igual a 1,04 Kg/l.

% S %de sólidos contenidos en el lodo, varía entre 8 – 12%.

3.3.3.5.5. VOLUMEN DE LODOS A EXTRAERSE DE LA FOSA

Es la cantidad de lodos generados en el tratamiento primario, se lo determina mediante la ecuación (28).

$$\boldsymbol{V_{el} = \frac{V_{ld} * Td}{1000}} \quad \textbf{(28)}$$

Donde:

Vel Volumen de lodos a extraer (m^3)

Td Tiempo de digestión, en días

Vld Volumen de lodos digeridos

3.3.3.5.6. ÁREA DEL LECHO DE SECADO

Extensión de terreno donde se disponen los lodos procedentes de los procesos del sistema de tratamiento de aguas residuales, este se calcula mediante la ecuación (29)

$$A_{ls} = \frac{V_{el}}{Ha} \quad \textbf{(29)}$$

Donde:

Als Área del lecho de secado (m^2)

Ha Profundidad de aplicación, entre 0,20 – 0,90 m.

3.3.3.6. HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL VERTICAL(HFSSV)

3.3.3.6.1. AREA SUPERFICIAL

As= 1,5 m2 * Pf **(30)**

Esta alternativa fue seleccionada mediante la matriz de pugh, considerando las ventajas y desventajas que esta presenta, los HFSSV son sistemas de flujo vertical, aparecieron como un desarrollo lógico de los sistemas horizontales con el objetivo de mejorar su eficiencia, sobre todo para potenciar la nitrificación. Éstos se diseñan con flujo intermitente, es decir, tienen fases de llenado, reacción y vaciado, lo que les confiere propiedades muy diferentes respecto a los sistemas horizontales. La intermitencia en la alimentación mejora mucho la transferencia de oxígeno y por tanto el medio granular se encuentra en condiciones más oxidadas si se compara con lo que se observaría en un sistema de tipo horizontal (García & Corzo Hernández , 2008).

Para determinar el diseño de un humedal artificial de flujo subsuperficial vertical se debe tomar en cuenta que existen ciertos criterios de diseño como se muestra en la tabla 11, según (Sálas Rodríguez , 2020) en una de sus conferencias trata sobre el dimensionamiento de los HFSSV, en donde expresa que para su diseño la relación largo- ancho es 1/1 es decir que es un humedal de forma cuadrada; sin embargo este tipo de humedales al tener alimentación intermitente necesita un sistema de bombeo el cual va dentro de una arqueta de entrada, de la misma manera se construye una arqueta de salida donde el agua no debe sobrepasar las tuberías ya que interrumpiría en el proceso de oxigenación. Para calcular del área se utiliza la ecuación (30), en

donde (García & Corzo Hernández , 2008) expresan que como norma general los sistemas se pueden dimensionar tomando 2,5 m2/hab-eq, siendo recomendable considerar en el caso de pequeños municipios 1,5 m2 hab-eq.

Tabla 11 Criterios de diseño para humedales artificiales verticales.

FACTOR	UNIDAD	VALOR
Grava (principal) 20 cm de espesor	mm	24 - 40
Gravilla (secundaria) 70 cm de espesor	mm	0,3-0,8
Capa superficial de arena gruesa	cm	10
DRENAJE		
Pendiente	%	1
Taludes	°	45°
Profundidad medio granular	cm	45 – 90
Diámetro de tubería	mm	100
Separación de la tubería	m	2

Fuente: (Sálas Rodríguez , 2020).
Elaborado por: Llugllla Joselyn & Montaluisa Paul

3.3.3.6.2. VEGETACIÓN

La vegetación cumple un papel muy importante en los humedales ya que está determinado fundamentalmente por su función en las raíces y rizomas enterrados. Las plantas son organismos foto autótrofos, esto quiere decir que recogen energía solar para transformar el carbono inorgánico en carbono orgánico. Cuenta con la habilidad de transferir oxígeno desde la atmósfera por medio de sus hojas y tallos hasta el medio donde se encuentran las raíces. Este oxígeno crea áreas aerobias donde los microorganismos utilizan el oxígeno disponible para producir diversas reacciones de degradación de materia orgánica y nitrificación (Arias, 2004; Delgadillo, Camacho, Fernando Pérez , & Andrade, 2010).

En los sistemas de flujo subsuperficial vertical el agua circula a través del medio granular, en el cual la profundidad depende de la profundidad que puede alcanzar las raíces de las plantas (Pazán Toledo & Trelles Calle, 2018). En los HFSSV se utilizan plantas emergentes debido a sus características de gran crecimiento y capacidad de fotosíntesis (Pazán Toledo & Trelles Calle, 2018).

3.3.3.7. MÉTODO DE DESINFECCIÓN

3.3.3.8. RADIACIÓN ULTRAVIOLETA

El blanco principal de la desinfección mediante la luz ultravioleta es el material genético y el ácido nucleico. Los microbios son destruidos por la radiación ultravioleta cuando la luz penetra a través de la célula y es absorbida por el ácido nucleico. La absorción de la luz ultravioleta por el ácido nucleico provoca una reordenación de la información genética, lo que interfiere con la capacidad reproductora de la célula. Por consiguiente, los microorganismos son inactivados por la luz UV como resultado del daño fotoquímico que sostiene el ácido nucleico (Pietrobon Tarrán, s.f.; Acosta Castellanos, Caro Camargo, & Perico Granados, 2015). Es por ello que el sistema se lo instalara de acuerdo a los requerimientos necesarios en la eliminación de microorganismos de nuestra agua a tratar cabe recalcar que esto se lo realiza con el efluente de salida del proceso anterior llevado a cabo en el humedal.

Factores que afectan la desinfección eficaz con UV

- Calidad del agua
- Transmisión de luz UV
- Sólidos en suspendidos
- Nivel de orgánicos disueltos
- Dureza total
- Condición de la lámpara
- Limpieza del tubo de cuarzo
- Tiempo de uso de la lámpara

El proceso de radiación ultravioleta tiene como ventajas que no altera el olor, color, o el pH, no requiere la adición de productos químicos y no confiere subproductos tóxicos en el agua (Bernal Martínez, Solís Morelos, Linares Hernández, Barrera Díaz, & Colín Cruz, 2011).

3.3.4.ANÁLISIS TÉCNICO – ECONÓMICO

Una vez establecidos los procesos a utilizar para la depuración de las aguas se procede a realizar una rubrica de costos para la implementación y ejecución de la planta de tratamiento, cabe mencionar que no se puede basar en una metodología concreta, ya que esto consiste en realizar estimaciones o cotizaciones de cada implemento que se requiere para la construcción del sistema de saneamiento, sin embargo; para un mejor conocimiento sobre el tema de costos se consultó con expertos en el diseño de sistemas de plantas de tratamiento, ya que ellos con su experiencia pueden guiar a obtener un valor estimado de cada uno de los equipos. Al realizar estas cotizaciones se toma en cuenta el valor de cada uno de los materiales a utilizar, permitiendo distribuir de mejor manera el recurso económico que sea asignado para la adquisición de los materiales.

CAPITULO IV

4. RESULTADOS

4.1. NUMERO DE HABITANTES

El número de habitantes se obtuvo mediante la revisión bibliográfica del plan de ordenamiento territorial de Pelileo y una entrevista vía telefónica realizada al presidente de la junta administradora de agua potable, teniendo como dato que existe 376 habitantes y cada familia está conformada por 5 personas, el caserío se encuentra ubicado al Noroeste del cantón Pelileo, en la provincia de Tungurahua a 240 msnm.

4.2. CLIMA

Templado con una temperatura promedio de 19° C, su pluviosidad promedio es de 144 mm varía desde el 20 de octubre al 9 de junio, con una probabilidad mínima del 54 % y una probabilidad máxima del 74 % el 31 de marzo.

4.3. EXISTE ALGÚN SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA LAS AGUAS RESIDUALES

En el caserío la clementina hasta el día de hoy no existe una estación depuradora de aguas residuales sin embargo algunos habitantes del sector cuentan con un pozo séptico mismos que se encuentran a poco tiempo de cumplir su vida útil.

Agua potable

Actualmente los habitantes del caserío la Clementina cuentan con agua potable proveniente de la vertiente de shushuri, la cual que es suministrada por la junta administradora de Agua Potable de Sálate y la Clementina, misma que recibe un pretratamiento con desinfección de cloro para su consumo.

Alcantarillado

El caserío la Clementina no cuenta con un sistema de alcantarillado, razón por la cual algunos habitantes se han visto en la necesidad de construir pozos sépticos, mismos que a su vez causan problemas ambientales generando malos olores; sin embargo, los demás habitantes que no cuentan con pozos sépticos eliminan sus aguas a la fuente de agua más cercano como es el rio Cutuchi.

Viabilidad y Transporte

Para el acceso al caserío la clementina cuenta con una vía principal asfaltada y sus vías secundarias son de material empedrado. En cuanto al servicio de transporte público es brindado por medio de la cooperativa de bus ciudad azul.

Otros servicios

Los habitantes del caserío la clementina cuenta con el servicio de luz eléctrica, servicio telefónico e Internet.

4.4. TASA DE CRECIMIENTO

Para poder calcular el índice de crecimiento población se tomó como referencia el plan de ordenamiento territorial y los datos brindados por el INEC correspondiente al Cantón Pelileo (cabecera cantonal), población colindante al caserío la clementina, por motivo que no existe información específica de la zona de estudio.

Tabla 12 Datos Poblacional - Pelileo

AÑO CENSAL	POBLACIÓN HABITANTES
1990	17209
2001	20778
2010	24614
Tasa de crecimiento anual	1,30%

Fuente: PDOT de Pelileo & INEC
Elaborado por: Lluglla Joselyn & Montaluisa Paul

4.5. POBLACIÓN FUTURA

La estimación de la población futura se lo realiza mediante la ecuación (1), utilizando la tasa de crecimiento anual de la cabecera cantonal de Pelileo, misma que luego será aplicada para conocer cuál es el caudal medio diario de la zona de estudio.

Datos:

Pi 376 habitantes

r 1,30 %

t 10 años

$$\mathbf{Pf} = \mathbf{Pi}(\mathbf{1} + \mathbf{r})^{\mathbf{t}}$$

$$\mathbf{Pf} = 376 \text{ hab } (1 + 0{,}0130)^{10}$$

$$\mathbf{Pf} = 427{,}84 \text{ hab}$$

$$\mathbf{Pf} = 428 \text{ hab}$$

4.6. DOTACIÓN

El cálculo de la dotación se lo tomo en base a un estudio realizado en el caserío la Clementina y Sálate (Paredez Parra, 2017), en el cual realizaron un inventario del consumo de agua, mediante la lectura del medidor de agua como se muestra en la Tabla A1, estos datos contribuyeron para que se determine la dotación actual que es de 140 litros/hab/día el cual se muestra en la Tabla A2, el valor obtenido se encuentra dentro del rango que se establece en la Norma INEN Tabla A4 para habitantes menores a 5000, en clima templado la dotación a tomar se encuentra entre 130-160 lt/hab/día.

4.7. CAUDALES

Los caudales obtenidos para el diseño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 13 Caudales obtenidos

PARÁMETRO	**EXPRESIÓN**	**VALOR**
Caudal medio diario	Qmed	0,55 L/s
Caudal domestico	Qdom	0, 55 L/s
Caudal mínimo	Qmin	0,165 L/s
Caudal punta	Qp	2,75 L/s
Caudal máximo diario	Qmax	5,5 L/s

Elaborado por: Lluglla Joselyn & Montaluisa Paul.

los caudales que se muestran en la tabla 13 son los que se utilizaron para el dimensionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales domesticas teniendo como resultado un caudal medio diario de 0,55 l/s, cabe recalcar que para la obtención del caudal medio diario no se tomó en cuenta los caudales institucional, industrial, comercial (Qins, Qind, Qcom), debido a que no existe una industria, una unidad educativa o lugares comerciales en el caserío; además se calculó el caudal domestico de 0,55 l/s, un caudal mínimo con el que va entrar las aguas es de 0,165 l/s y el caudal punta equivale a 2,75 l/s.

4.8. ALTERNATIVAS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS

Tabla 14 Comparación de las alternativas en base a los criterios de selección.

Alternativas / **Criterios**	**HFSSV (Humedal de flujo subsuperficial vertical)**	**Biodigestor + HFSSH (Humedal de flujo subsuperficial horizontal**	**Reactor UASB + Filtro percolador**
Eficiencia	Remoción de DBO 80% al 98% vida útil de 15 a 20 años	Remoción de DBO 80 al 90 %	filtro: remoción de DBO 60% AL 85% UASB: DQO, DBO5 SS entre un 70 a 90 %
Costo de implementación	Depende del terreno se debe tomar en cuenta el medio granular (costo de inversión bajo)	Humedal: depende del terreno. Biodigestor: costo de instalación muy elevado para un pequeño productor	filtro: Alto costo de capital UASB: Costos de inversión medio
Mantenimiento y Operación	Bajos costos de operación y mantenimiento, no requiere de un personal altamente capacitado.	Biodigestor: mantenimiento cada 4 meses y operación diaria Humedal: bajos costos de operación y mantenimiento.	Filtro: moderado costo de operación, Mantenimiento diario UASB: los costos de operación y mantenimiento son relativamente bajos.
Espacio requerido	ocupa una gran cantidad de terreno	Humedal: ocupa una gran cantidad de terreno.	filtro: Se requiere una pequeña área en comparación con los

		Biodigestor: su área depende de la cantidad de agua tratada.	Humedales Artificiales UASB: Requerimientos de área bajos para su construcción
Consumo de energía	Consumo energético es bajo o nulo, debido a que el proceso de depuración lo realizan plantas.	Biodigestor: no consume energía (aprovecha los residuos). Humedal: consumo energético nulo o bajo	Filtro: requiere fuente constante de energía y flujo constante de aguas residuales UASB: el consumo de potencia es bajo, puesto que el sistema no requiere ninguna agitación mecánica.

Elaborado por: Lluglla Joselyn & Montaluisa Paúl.

La tabla muestra una comparación entre los procesos propuestos como son el HFSSV, Biodigestor + HFSSH, Reactor UASB + Filtro percolador, dicha comparación se lo realizo tomando en cuenta los criterios como es la eficiencia, el consumo de energía, mantenimiento y operación, costos de implementación y espacio necesario. Posteriormente la selección de la alternativa se lo realizo tomando como referencia la Matriz de Pugh para la toma de decisiones.

Tabla 15 Análisis de selección de Alternativa.

Alternativas / Criterios	HFSSV	Biodigestor + HFSSH	Reactor UASB + Filtro percolador
Eficiencia	0	0	0
Costo de implementación	1	-1	-1
Mantenimiento y Operación	-1	-1	1
Espacio requerido	1	-1	1
Consumo de energía	1	1	-1
Total	2	-2	0
PONDERACIONES			
+1		Si es mejor el criterio	
-1		Si es peor el criterio	
0		Si son similares.	

Elaborado por: Llugllla Joselyn & Montaluisa Paul.

La matriz de pugh analiza cual es la mejor alternativa en base a los criterios, tomando como datos de ponderación + 1 si es mejor el criterio, -1 si es inferior el criterio y 0 si son similares, por lo tanto al momento de realizar el análisis nos muestra que la mejor alternativa de tratamiento secundario es el humedal artificial de flujo subsuperficial vertical teniendo como resultado un numero positivo y mayor que las demás alternativas, teniendo una eficiencia de 98% de remoción de DBO, no requiere un mantenimiento ni una operación constate, los costos de implementación son bajos y el consumo de energía es nulo ; sin embargo, existe una limitante con respecto a esta alternativa la cual es el área requerida.

4.9. DIMENSIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS

Para el dimensionamiento de la planta de tratamiento se lo realiza mediante los datos calculados anteriormente como se muestra en la tabla 16.

Tabla 16 Datos de partida.

PARÁMETROS DE PARTIDA		
Población futura:	428	Habitantes
Dotación	140	L/ha*día
Caudal medio	0,55	L/s
Caudal mínimo	0,165	L/s
Caudal punta	2,75	L/s
Caudal máximo	5,5	L/s

Elaborado por: Llugllla Joselyn & Montaluisa Paul.

DIMENSIONAMIENTO DEL CANAL DE ENTRADA

Para el diseño del canal de entrada se tomó como referencia un valor de partida según (García & Corzo Hernández , 2008) de 0,20 a 2 m de ancho, asumiendo para nuestro diseño un ancho de 0,9 m, de la misma manera se establece una altura de 0,50 que se encuentra dentro de los valores propuestos por el mismo autor.

Ancho útil de paso

$$\mathbf{Wu} = (\mathbf{Ac} - \mathbf{n} * \mathbf{Ab})(\mathbf{1} - \frac{\mathbf{G}}{\mathbf{100}})$$

$$\mathbf{Wu} = (0{,}9\ \text{m} - 16 * 0{,}025\ \text{m})(1 - \frac{30}{100})$$

$$\mathbf{Wu} = 0{,}35\ \text{m}$$

Profundidad del Canal

$$\mathbf{h} = \frac{\mathbf{Qmax}}{\mathbf{v}} * \frac{\mathbf{1}}{\mathbf{Wu}}$$

$$\mathbf{h} = \frac{0{,}005\ \mathrm{m3/seg}}{0{,}3\mathrm{m/s}} * \frac{1}{0{,}35}$$

$$\mathbf{h} = 0{,}05\ \mathrm{m}$$

Longitud del canal

$$\mathbf{L} = \mathbf{Th} * \mathbf{v}$$

$$\mathbf{L} = 5\mathrm{seg} * 0{,}3\mathrm{m/seg}$$

$$\mathbf{L} = 1{,}5\ \mathrm{m}$$

Nota: A este valor le sumamos un resguardo de 0,5 según lo indicado por (García & Corzo Hernández , 2008), por ende, la profundidad del canal será de 0,55 m.

Tabla 17 Dimensión del canal de entrada.

MEDIDAS DEL CANAL DE ENTRADA	
Ancho útil del canal	0,35 m
Profundidad del canal	0, 55 m
Longitud del canal	1,5 m

Elaborado por: Llugllla Joselyn & Montaluisa Paul.

El canal de entrada permitirá conducir las aguas residuales a los siguientes procesos, tomando en cuenta que los residuos gruesos serán retenidos por las rejas instaladas, por lo cual el canal tiene una longitud de 1,5 m, con un ancho de 0,35 m y una profundidad de 0,55 m cabe recalcar que la altura seleccionada se encuentra dentro de los valores propuestos en el texto de (García & Corzo Hernández , 2008), además se tomó en cuenta trabajos ya antes realizados en poblaciones pequeñas como es el Diseño del alcantarillado sanitario y su sistema de depuración aplicando similitud hidráulica para la obtención de un modelo óptimo para los barrios san juan y sarapamba de la parroquia Eloy Alfaro, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi (Turushina Silva , 2017), y el trabajo elaborado por (Paredez Parra, 2017) Diseño del sistema de alcantarillado y planta de tratamiento del sector Sálate del cantón san pedro de Pelileo de la

provincia de Tungurahua, y la elaboración de un prototipo de un biofiltro de lechuguín como tratamiento secundario, tomando como referencia estos dos trabajos se optó por el valor ya antes mencionado.

DISEÑO DE LA REJILLA

Numero de barrotes

$$\boldsymbol{N = \frac{B_R - L}{b + L}}$$

$$\mathbf{N} = \frac{0{,}9\text{m} - 0{,}03\text{m}}{0{,}025\text{m} + 0{,}03\text{m}}$$

$$\text{N} = 14$$

$$\mathbf{N} = 14 \text{ barrotes}$$

Tabla 18 Dimensiones de la rejilla.

MEDIDAS DE LA REJILLA		
Platinas	25 * 6	mm
Espaciamiento	3	cm
Velocidad mínima	0,3	m/s
Numero de barrotes	16	

Elaborado por: Lluglla Joselyn & Montaluisa Paul.

En el dimensionamiento de las rejillas el espesor debe encontrarse entre 5 – 15 mm y de ancho de 25 – 50, pero lo recomendable es a 25 mm (INEN, 1992), por lo cual nuestro diseño de rejillas tiene platinas de 25 mm de acho y un espesor de 6 mm con un espaciamiento de 3 cm, la velocidad mínima con la que va a circular el agua es de 0,3 m/s, estos valores se obtuvieron tomando en cuenta que el tipo de rejas a utilizar es fino.

DISEÑO DEL DESARENADOR

En el diseño del desarenador se tomó a consideración el criterio expresado por (Lozano Rivas , 2012) en el cual recomienda que el tamaño de las partículas es de 0,3 mm con una velocidad de flujo de 0,3 m/seg para aguas residuales domésticas.

Longitud

$$\mathbf{L = Ac * relacion\ largo - ancho}$$

$$\mathbf{L} = 0{,}35\text{m} * 2$$

$$\mathbf{L} = 0{,}35\text{m} * 2$$

$$\mathbf{L} = 0{,}7\ \text{m}$$

Área Útil

$$\mathbf{A = Q/V}$$

$$\mathbf{A} = \frac{0{,}0055\ \text{m}^3/\text{s}}{0{,}3\ \text{m/s}}$$

$$\mathbf{A} = 0{,}018\ \text{m}^2$$

Profundidad

$$\mathbf{h} = \frac{\text{A}}{\text{Ac}}$$

$$\mathbf{h} = \frac{0{,}018\text{m2}}{0{,}35\ \text{m}}$$

$$\mathbf{h} = 0{,}05$$

Carga Superficial

$$\mathbf{Cs} = \frac{\text{Qmax}}{\text{L} * \text{Ac}}$$

$$\mathbf{Cs} = \frac{19{,}8\ \text{m3/h}}{1{,}5\ \text{m} * 0{,}35\ \text{m}}$$

$$\mathbf{Cs} = 37{,}71\ \text{m3/m2} * \text{h}$$

Nota: si la carga superficial es menor a 70 m3/m2×hora (a Qmáx) el dimensionamiento es correcto, caso contrario se recomienda aumentar la longitud del canal.

Tabla 19 Dimensiones del desarenador.

MEDIDAS DEL DESARENADOR	
Profundidad del desarenador	0,5 m
Ancho	0,35 m
Longitud	1,50 m

Elaborado por: Llugllla Joselyn & Montaluisa Paul.

El diseño del desarenador consta de una profundidad de 0,5 m con un ancho de 0,35 m, se asume el mismo ancho que el canal de desbaste, tomando en cuenta que tiene una relación largo ancho de 2 m, como se encuentra expuesto los criterios de diseño, en cuanto a la longitud es de 0,7 m pero para que el desarenador se desempeñe de una mejor manera se utiliza un término de 1,50 m, con una carga superficial de 37,71 m3/m2*h, la cual nos indica que el dimensionamiento es correcto , los valores que se han optado en escoger se encuentran dentro de lo rangos expresados en el apartado de (García & Corzo Hernández , 2008).

El cribado (reja de finos) y el desarenador son un sistema combinado como se muestra en la Ilustración 3 en el cual se van a quedar retenidos los sedimentos que se encuentran en las aguas residuales domésticas, para que al momento de que dichas aguas ingresen a los otros sistemas de saneamiento no provoquen daños a las tuberías ni a los equipos.



Ilustración 3 Prototipo de un sistema combinado cribado y desarenador.
Fuente: (García & Corzo Hernández , 2008)

DISEÑO DE LA FOSA SÉPTICA

Estimación de la Contribución Diaria de Aguas Residuales

$$\mathbf{E_c} = \mathbf{he} * \mathbf{c}$$

$$\mathbf{E_c} = 428\ \text{hab} * 140\text{L/hab} * \text{día}$$

$$\mathbf{E_c} = 59.920\ \text{L/ha} * \text{día}$$

Tabla 20 Datos de partida para el diseño de la fosa séptica.

DATOS DE PARTIDA		
Habitantes equivalentes (he)	428	habitantes
Contribución per cápita de aguas residuales (C):	140	L/hab*día
Contribución per cápita de lodos **(**L_f):	1	L/hab. día
Tiempo de Retención Hidráulica (TRH):	0,50	Días
Tasa de acumulación de lodo dirigido (K):	65	Días

Elaborado por: Llugllla Joselyn & Montaluisa Paul.

Volumen Útil de la Fosa Séptica

$$\mathbf{V_U = 1000 + N_C(C * THR) + (K * L_f)}$$

$$\mathbf{V_U} = 1000 + 428\text{hab}(140\,\text{L/hab} * \text{día} * 0{,}50\text{días}) + (65\text{días} * 1\,\text{L/ha} * \text{día})$$

$$\mathbf{V_U} = 1000 + 30{,}025\text{L}$$

$$\mathbf{V_{UTOTAL}} = 31{,}025\text{L}$$

$$\mathbf{V_{U\ DE\ CADA\ FOSA}} = \mathbf{15{,}513}\text{L}$$

Dimensiones de la Fosa Séptica

Relación Longitud/Ancho L/b 2<L/b>4=3

Profundidad útil >1,20m (h) =2m

Ancho

$$\mathbf{b} = \left(\frac{\mathbf{V_u}}{\mathbf{3h * 1000}}\right)^{\mathbf{0{,}5}}$$

$$\mathbf{b} = \left(\frac{15{,}513\,\text{L}}{3(2\text{m}) * 1000}\right)^{0{,}5}$$

$$\mathbf{b} = \left(\frac{15{,}513\,\text{L}}{6000\text{m}}\right)^{0{,}5}$$

$$\mathbf{b} = 1{,}61\text{m}$$

Longitud Total de la Fosa

$$\mathbf{L = 3b}$$

$$\mathbf{L} = 3(1{,}61\text{m})$$

$$\mathbf{L} = 4{,}83\text{ m}$$

Longitud del Primer Compartimento

$$\mathbf{L_1 = L * 2/3}$$

$$\mathbf{L_1} = 4{,}83\ \text{m} * 2/3$$

$$\mathbf{L_1} = 3{,}22\text{m}$$

Longitud del Segundo Compartimento

$$\mathbf{L_2 = L * 1/3}$$

$$\mathbf{L_2} = 4{,}83\ \text{m} * 1/3$$

$$\mathbf{L_2} = 1{,}61\ \text{m}$$

Borde Inferior de los Orificios de Paso

$$\mathbf{B_1 = h * 2/3}$$

$$\mathbf{B_1} = 2\ \text{m} * 2/3$$

$$\mathbf{B_1} = 1{,}33\text{m}$$

Borde Superior de los Orificios de Paso

$$\mathbf{B_s = h - 0{,}3m}$$

$$\mathbf{B_s} = 2\text{m} - 0{,}3\text{m}$$

$$\mathbf{B_s} = 1{,}7\text{m}$$

CÁLCULOS ADICIONALES DEL RESGUARDO DEL EQUIPO

Altura total

$$\mathbf{H_T = h + 0{,}3}$$

$$\mathbf{H_T} = 2\ \text{m} + 0{,}3$$

$$\mathbf{H_T} = 2{,}3\text{m}$$

Tabla 21 Dimensiones de la fosa séptica.

MEDIDAS DE LA FOSA SÉPTICA	
Volumen total	31,025 L
Volumen de cada fosa	15,513 L
Profundidad útil	2 m
Profundidad de resguardo	0,3 m
Ancho	1,61 m
Longitud de la primera cámara	3,22 m
Longitud de la segunda cámara	1,61 m
Longitud total	4,83 m
Borde inferior de los orificios de paso	1,33 m
Borde superior de los orificios de paso	1,7 m
Altura total	2,3 m

Elaborado por: Lluglla Joselyn & Montaluisa Paul.

Para el diseño de la fosa séptica se obtuvo un volumen total de 31,025 L, debido a que el valor obtenido es muy grande se tomó la decisión de diseñar dos fosas sépticas paralelas mismas que van a tener las siguientes dimensiones; cada fosa tendrá un volumen de 15,513 L, con una profundidad de 2 m, tomando en cuenta una profundidad de resguardo de 0,3 m, un ancho de 1,61 m; además cada una de las cámaras tendrán diferentes longitudes la primera será de 3,22 m y la segunda tendrá 1,61 m, el borde inferior de los orificios de paso es 1,33 m y un borde superior de los orificios de paso de 1,7 m, igualmente se obtuvo una altura total de 2,3 m, misma que surge de la suma de la profundidad útil más la profundidad de resguardo.

Con el fin de cumplir la normativa establecida en el apartado (INEN, 1992), se procedió a diseñar dos fosas sépticas, ya que cada fosa séptica según lo establecido cuenta con un limitante para un máximo de 350 habitantes , mientras que nuestra población futuro será de 428 habitantes, debido a esto se podría producir problemas futuros a los tanques, causando la ineficiencia de los mismos.

DIMENSIONAMIENTO DEL LECHO DE SECADO DE LODOS

Carga de Solidos

$$\mathbf{C = Q * SS * 0,0864}$$

$$\mathbf{C} = 2{,}75\text{L/s} * 213\text{mg/L} * 0{,}0864$$

$$\mathbf{C} = \frac{50{,}61\ \text{mg}}{\text{s}}$$

$$\mathbf{C} = 4{,}37\ \text{KgSS/día}$$

Contribución Per Cápita

$$\mathbf{C} = \frac{\mathbf{P * Cpc}}{\mathbf{1000}}$$

$$\mathbf{C} = \frac{428\text{hab} * 90\ \text{grSS/hab} * \text{día}}{1000}$$

$$\mathbf{C} = 38{,}52\ \text{grSS/hab} * \text{día}$$

Masa de Sólidos que Conforman los Lodos

$$\mathbf{Msd} = (\mathbf{0,5 * 0,7 * 0,5 * C}) + (\mathbf{0,5 * 0,3 * C})$$

$$\mathbf{Msd} = (0{,}5 * 0{,}7 * 0{,}5 * 38{,}52\ \text{KgSS/día}) + (0{,}5 * 0{,}3 * 38{,}52\text{KgSS/día})$$

$$\mathbf{Msd} = 12{,}52\ \text{KgSS/día}$$

Volumen Diario de Lodos Digeridos

$$\mathbf{Vld} = \frac{\mathbf{Msd}}{\boldsymbol{\rho}\mathbf{lodo} * (\%\ \mathbf{S/100})}$$

$$\mathbf{Vld} = \frac{12{,}52\ \text{KgSS/día}}{1{,}04\text{Kg/L} * (10\ \%\ \text{S}/100)}$$

$$\mathbf{Vld} = 120{,}38\ \text{L/día}$$

Volumen de lodos a extraerse del tanque

$$\mathbf{V_{el}} = \frac{\mathbf{V_{ld} * Td}}{\mathbf{1000}}$$

$$\mathbf{Vel} = \frac{120{,}38\frac{\text{L}}{\text{día}} * 55\text{días}}{1000}$$

$$\mathbf{Vel} = 6{,}62\text{m}^3$$

Área del Lecho de Secado

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

$$\mathbf{Als} = \frac{6{,}62\text{m}^3}{0{,}8\text{m}}$$

$$\mathbf{Als} = 8{,}28\ \text{m}^2$$

Longitud de la Piscina de Secado de Lodos

$$\mathbf{Lls} = \frac{\text{Als}}{\text{Bls}} \qquad = \qquad \mathbf{Lls} = \frac{8{,}28\ \text{m2}}{3\text{m}}$$

$$\mathbf{Lls} = 2{,}76\ \text{m}$$

Tabla 22 Dimensiones de lecho de secado de lodos.

VALORES Y MEDIDAS DEL LECHO DE SECADO	
Carga de sólidos que ingresa al sedimentador	4.37 KgSS/día
Contribución per cápita	38,52 gSS/día
Masa de sólidos que conforman los lodos	12,52 KgSS/día
Volumen diario de lodos digeridos	120, 38 L/día
Volumen de lodos a extraerse del tanque	6,62 m^3
Longitud	2,76 m
Ancho	3 m
Área	8,28 m^2

Elaborado por: Lluglla Joselyn & Montaluisa Paul.

En el diseño del sistema de lecho de secado de lodos se determinó la carga de solidos que ingresa al sedimentador con un valor de 4,37 KgSS/día , una contribución per cápita de 38,52 gSS/día, con una masa de solidos que conforman los lodos de 12,52 KgSS/día, y un volumen de lodos dirigidos de 120,38 L/día; el volumen de los lodos al ser extraídos del tanque será de 6,62 m3, para el diseño del lecho de sacado se tiene valores de longitud de 2,76 m, un ancho de 3 m con un área de 8,28 m2.

DIMENSIONAMIENTO DEL HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL VERTICAL (HFSSV)

Area Superficial

$$As = 1{,}5\ m2 * Pf \quad => \quad As = 1{,}5\ m2 * 428\ hab$$

$$As = 642\ m2 \qquad As = 642\ m2 / 2$$

$$As = 321\ m2$$

Se plantea incluir dos humedales en paralelo para lograr una mejor distribución del agua residual en estos equipos. Por lo tanto, cada humedal vertical tendrá un área de:

$$Ash = 321\ m2$$

$$A = L^2 \qquad L = \sqrt{A}$$

$$L = \sqrt{321\ m2} \qquad L = 17{,}91\ m = 18\ m$$

Tabla 23 Dimensiones del HFSSV.

MEDIDAS DEL HUMEDAL		
FACTOR	**UNIDAD**	**VALOR**
Grava (principal) 20 cm de espesor	mm	40
Gravilla (secundaria) 70 cm de espesor	mm	0,8
Capa superficial de arena gruesa	cm	10
Largo	m	18
Ancho	m	18
Drenaje		
Pendiente	%	1
Talud		45°
Profundidad medio granular	cm	45
Diámetro de la tubería	mm	100
Separación de la tubería	m	2
Parrilla de distribución de las AR		
Diámetro de la tubería	mm	32
Separación de las tuberías	m	1
Orificios por donde saldrá el agua	mm	0,3
Espacio entre orificios	cm	60

Elaborado por: Lluglla Joselyn & Montaluisa Paul.

Los humedales artificiales realizan la depuración del agua mediante la interacción que tiene el con los microorganismos, sustratos y la vegetación, una de sus características es que se encuentran conformados por canales o lagunas con una profundidad menor a 1 metro. Para el

diseño del humedal artificial de flujo subsuperficial se debe tener en cuenta que la relación largo ancho es 1/1 por lo que se calculó un área de 642 m2 , sin embargo por motivos que el área es demasiado grande se diseñara dos humedales cada uno con un área de 321 m2, teniendo como resultado una longitud de 18 m y un ancho de 18 m, con una pendiente de 1% al fondo para que el agua pueda escurrir desde la parte de arriba hacia abajo, un talud de 45° de inclinación; por otra parte para cubrir la parte inferior del humedal se debe realizar la impermeabilización utilizando una membrana geotextil y por encima una lámina plástica de polietileno de alta densidad de 2 mm, además se construye una arqueta de entrada por donde las aguas van a pasar antes del ingreso al humedal artificial, sin embargo para recoger el agua tratada se coloca varios drenajes longitudinalmente de 100 mm de diámetro con una separación de 2 m, para este tipo de humedales se trabaja con un sistema multicapas como primera capa tenemos grava de 40 mm con un espesor de 20 cm la cual cubre la tubería de drenaje, sobre ella descansa una capa de gravilla silícea que es la que realiza la depuración de 0,8 mm con un espesor de 70 cm y como ultima capa se coloca arena gruesa que ayuda a repartir el agua de mejor manera con un espesor de 10 cm. Para el sistema de distribución de las aguas residuales se diseña una parrilla de riego con tuberías de diámetro 32 mm separadas cada 1 metro, con orificios de 0,3 mm colocados cada 60 cm, para facilitar la aireación se coloca una chimenea en un extremo del humedal, dichos humedales trabajan con un sistema de alimentación intermitente, por lo que se recurre al sistema de bombeo (temporizadores o boyas de nivel). Se colocará 4 plantas por cada metro cuadrado con un total de 1284 plantas para cada humedal.

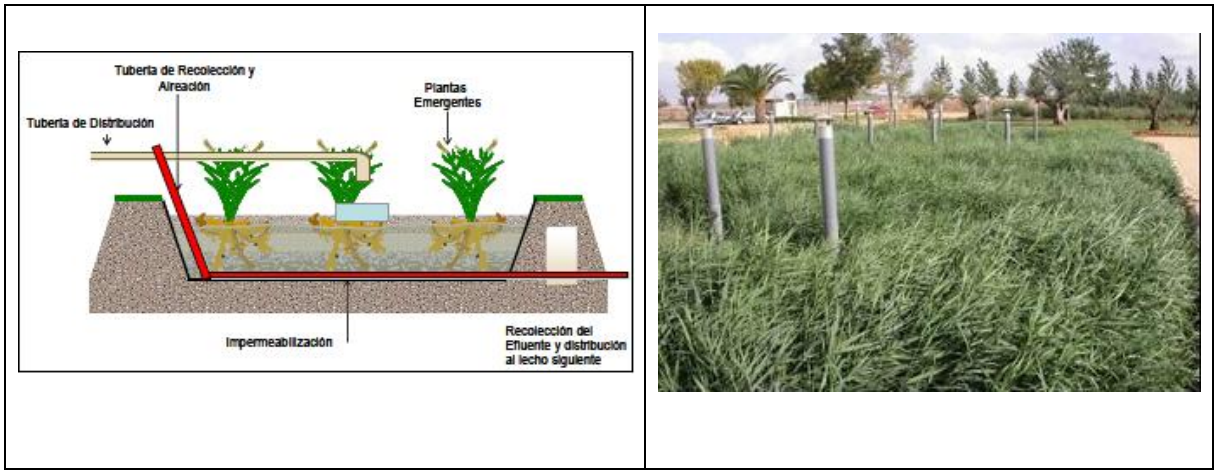

Ilustración 4 Humedal artificial de flujo subsuperficial (PECC Sevilla 100 h.e.)
Fuente: (Sálas Rodríguez , 2020)

Para el sistema de bombeo se propone un sistema de sifones de auto descargar, los cuales se encuentran dentro de la arqueta de entrada, el sistema está compuesto por una tubería flexible , una caja en la cual se encuentra la tubería que va a descargar el agua y un flotador, mismo que

va ayudar a elevar a la caja mientras el agua va cayendo en la arqueta, esto ocurre de manera recurrente alimentando al humedal de manera intermitente sin ningún consumo de energía ni el uso de algún equipo electromecánico , en caso de que la arqueta se llene demasiado dicho sistema tiene una tubería de seguridad por donde se van ir las aguas directo al humedal, además tienen una arqueta de salida donde se unen las tuberías que llevan las aguas tratadas, mismas que no deben sobre pasar las tuberías ya que interrumpirán el sistema de oxigenación (Sálas Rodríguez , 2020).

Nota: el humedal debe estar protegido por un bordillo perimetral para evitar que las aguas de escorrentía ingresen al humedal. La arqueta debe ser grande para que se pueda realizar la limpieza, estas pueden ser construidas in situ o compradas.



Ilustración 5 Arqueta de salida del efluente tratado.
Fuente: (Sálas Rodríguez , 2020)



Ilustración 6 Sistema de bombeo (sifones de auto descarga)
Fuente: (Sálas Rodríguez , 2020)

VEGETACIÓN PARA EL HUMEDAL

La especie que se va utilizar para la depuración de las aguas es la siguiente:

Totora *(Scirpus californicus)*

La totora es una planta macrófita que puede alcanzar una altura de hasta 3 metros, y una profundidad de 1 metro, además sus rizomas son horizontales (Sánchez Meneses , 2019). En la Sierra, esta especie tiene una mayor adaptabilidad debido a que esta se encuentra distribuida, de manera silvestre, especialmente en zonas que van desde los 1800 hasta los 3000 m.s.n.m. con precipitaciones que oscilan entre los 500 y 1000 mm (Pastuña Curco , 2015). Esta especie es una de las plantas que mayor predominancia tiene en el área de estudio ya que se adapta muy bien en el ambiente es por ello que se eligió esta especie vegetal para el tratamiento de las aguas en el humedal. La Totora tiene un papel muy importante en los humedales artificiales mismos que se resumen en los siguientes aspectos: Sirven como filtro para mejorar los procesos físicos de separación de partículas (Valdés, Curt, & Fernández, 2005). Según (Lahora, 2004) la totora asimila de manera directa los nutrientes en especial nitrógeno, fosforo y metales, que son retirados del medio e incorporados al tejido vegetal. Actúan a modo de soporte para el desarrollo de biopelículas de microorganismos, que actúan purificando el agua mediante procesos aerobios de degradación (Valdés, Curt, & Fernández, 2005).Transportan grandes cantidades de oxígeno desde los tallos hasta sus raíces y rizomas, donde es usado por dichos microorganismos (Lahora, 2004). Además del oxígeno en la zona radicular, las bacterias son favorecidas por exudados de las plantas en la misma zona (Soto, Garcia, de Luis, & Bécares, 1999).

Según (Fernandéz & Pastor Piñeiro, 1992) la especie cuenta con una epidermis que recubre la superficie de la planta esta es muy delgada a fin de disminuir la resistencia de paso de gases, agua, nutrientes y tejidos; los grandes espacios intercelulares forman una red de conductos huecos en los que se almacena y circula aire con oxígeno. Esto permite la transferencia del oxígeno desde el aire y órganos fotosintéticos, y de ahí hacia las raíces. Para el mantenimiento del humedal se lo puede realizar cuando la vegetación haya desarrollado un exceso de cobertura vegetal (follaje), mismo que se puede reutilizar como alimentación para el ganado o generar ingresos económicos para el caserío mediante la realización de artesanías.

MÉTODO DE DESINFECCIÓN ULTRA VIOLETA

El tratamiento con radiación UV o luz ultravioleta comprada con otros sistemas de desinfección ha sido la mejor alternativa para mejorar la calidad de las aguas a tratar debido a que no existe la necesidad de adicionar reactivos químicos que son muy peligrosos y de uso constante y lo mejor es que no genera residuos, además de tener un tiempo relativamente corto de exposición

con el agua para desinfectarla (segundos o minutos). Cabe mencionar que no es de gran tamaño por lo que ocupa una mínima cantidad de espacio reduciendo así el costo de su implementación, gracias a que funciona como germicida esta ayuda a eliminar el 99,92% de los microorganismos presentes en el agua. La longitud de onda, más potente para dañar el ADN y ARN es aproximadamente 254 nm. Con el objetivo de tener un efluente que cumpla con las normas de calidad de agua establecidas en las leyes ecuatorianas y permita la disminución de coliformes fecales debió a que estas son altas como se muestra en la tabla A2, se utilizó dos lámparas UV con una potencia de salida de 55 W o 12 GPM cuyas medidas son 92.5 cm de tubo con un diámetro de 2.5 cm, con la capacidad de 12 galones por, 45 litros por minuto, 2.700 litros por hora. Se las debe ubicar apropiadamente para evitar accidentes una cada 5 m2, la vida útil de estos equipos puede llegar a ser de 1 a 2 años. Con todas estas acciones conseguiremos un efluente de mejor calidad que no afecte el ciclo hidrológico y ayuda a conservar las fuentes de agua y los ecosistemas que en ella habitan.



Ilustración 7 Lámparas Uv
Fuente: ("La Desinfección y Esterilización con Luz Ultravioleta", 2020)

4.10. ANÁLISIS TÉCNICO- ECONÓMICO

Para el análisis económico se basó en un rubrica realizado por el arquitecto Félix Castillo Chancay, mismo que presta sus servicios en la empresa pública municipal de agua potable y saneamiento de Portoviejo EP, en la cual detalla el presupuesto referencial para la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales, para un sector rector rural de calderón.

PRETRATAMIENTO

Tabla 24 Cotización preliminar del sistema de pretratamiento.

PRELIMINARES			
Descripción	**Cantidad**	**Precio Unitario**	**Total**
Replanteo y Nivelación Lineal	2	20	80
Limpieza y Desbroce	3	20	300
		TOTAL	$ 380,00

Fuente: (Castillo Chancay, 2019)

Elaborado por: Lluglla Joselyn & Montaluisa Paul.

CANAL DE ENTRADA Y DESBASTE

Tabla 25 Cotización del canal de entrada y desbaste.

PRETRATAMIENTO (CANAL DE ENTRADA Y DESBASTE)			
Descripción	**Cantidad**	**Precio Unitario**	**Total**
Excavación a Maquina (Retroexcavadora)	4 horas	40	160
Adecuación del Fondo de la Zanja	2	30	60
Reja Varilla Circular del Canal de Cribado	10	12,5	125
Relleno Y Compactado De Zanjas	3	26,5	79,5
Quintales de Hierro	6	8,7	52,2
Sacos de Cemento (50 kg)	8	7,5	60
Mano De Obra (Pago Semanal)	3	20	300
Tubería Pvc	10	30	300
		Subtotal	1136,7
		Iva 12%	136,40
		Total	$ 1.273,10

Fuente: (Castillo Chancay, 2019)

Elaborado por: Lluglla Joselyn & Montaluisa Paul.

DESARENADOR

Tabla 26 Cotización del Desarenador.

DESARENADOR			
Descripción	**Cantidad**	**Precio Unitario**	**Total**
Quintales de cemento	8	7,5	60
Excavación a máquina(retroexcavadora)	4	40	160
Adecuación del fondo de la zanja	3	30	90
Encofrado y desencofrado recto	2	120	240
Hormigón s.F´S 210 kg/cm2	1	300	300
Compuerta de volante de acero inoxidable	1	80,78	80,78
Quintales de hierro	15	8,7	130,5
		Subtotal	1061,28 $
		Iva 12%	127,35 $
		Total	1188,63 $

Fuente: (Castillo Chancay, 2019)

Elaborado por: Llugllla Joselyn & Montaluisa Paul.

FOSA SÉPTICA

Tabla 27 Cotización de la Fosa Séptica.

FOSA SÉPTICA			
Descripción	**Cantidad**	**Precio Unitario**	**Total**
Quintales de cemento(50kl)	40	7,5	300
Quintales de hierro	78	8,7	678,6
Mano de obra (pago semanal)	4	20	2400
Ducto de ventilación	2	25,6	51,2
Codo de 90° desagüe	10	21,18	211,8
Tubería PVC	6	30	180
sum.e inst.de tee desague PVC	2	26,8	53,6
caja de revisión 180kG/CM2	1	380,74	380,74
		Subtotal	$ 4.255,94
		Iva 12%	$ 510,71
		Total	$ 4.766,65

Fuente: (Castillo Chancay, 2019)

Elaborado por: Llugllla Joselyn & Montaluisa Paul.

LECHO DE SECADO DE LODOS

Tabla 28 Cotización del Lecho de Secado de Lodos.

LECHO DE SECADO DE LODOS			
Descripción	**Cantidad**	**Precio Unitario**	**Total**
Quintales de hierro	12	8,7	104,4
Sacos de cemento(50kl)	6	7,5	45
Mano de obra (pago semanal)	2	20	200
		SUBTOTAL	$ 349,40
		IVA 12%	$ 41,93
		TOTAL	$ 391,33

Fuente: (Castillo Chancay, 2019)

Elaborado por: Lluglla Joselyn & Montaluisa Paul.

HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL

Tabla 29 Cotización del humedal artificial.

HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL VERTICAL			
Descripción	**Cantidad**	**Precio Unitario**	**Total**
Excavación a máquina cielo abierto (retroexcavadora)	10 horas	40	400
Desalojo de material con volqueta	8	40	320
Tuberías PVC desague	3	316,49	949,47
Codo PVC desague	5	26,8	134
Tubería para drenaje 100 mm	1	50,34	50,34
Geotextil 150-300 G/CM2	1	673	673
Lamina pead 2 mm	1	680	680
Grava para filtros (de acuerdo al diseño)	3	45	135
Plantación de plantas nativas (inc. transporte)	2568	0,6	1540
		Subtotal	$ 4.882,61
		Iva 12%	$ 585,91
		Total	$ 5.468,52

Fuente: (Castillo Chancay, 2019)

Elaborado por: Lluglla Joselyn & Montaluisa Paul.

LUZ ULTRAVIOLETA

Tabla 30 Cotización del Método de desinfección UV.

DESINFECCIÓN LUZ ULTRA VIOLETA			
Descripción	**Cantidad**	**Precio Unitario**	**Total**
Lámpara Ultravioleta Uv 12 Gpm-55 w-Os	1	570,6	$ 570,60
		Subtotal	$ 570,60
		Iva 12%	$ 68,47
		Total	$ 639,07
Técnico para la construcción 3 meses	2	850	$ 5100
		TOTAL	$ 5,100

Fuente: (Castillo Chancay, 2019)

Elaborado por: Lluglla Joselyn & Montaluisa Paul

TOTAL

Tabla 31 Costo total de implementación de la planta de tratamiento.

Preliminares	**$** 380,00
Canal de Entrada, Desbaste y Desarenador	$ 2.461,74
2 fosas Sépticas	$ 4.766,65
2 humedales Artificiales de Flujo Subsuperficial Vertical	$ 5.468,52
Lecho de Secado de Lodos	$ 391,33
Lampara de Luz Uv	$ 1.278,14
Otros (Técnicos) para la Construcción 3 Meses	$ 5.100,00
TOTAL	$ 19.846,39

Elaborado por: Lluglla Joselyn & Montaluisa Paul

4.10. PROPUESTA PARA LA REUTILIZACIÓN DEL AGUA

La planta de tratamiento está diseñada para dar un buen saneamiento a las aguas residuales disminuyendo su grado de contaminación, por lo que se propone que el efluente de la planta se reutilice para riego agrícola, ya que la zona en donde se va a efectuar la depuración de las aguas se dedica en gran mayoría a la agricultura, debido a que es un lugar de clima cálido en el cual se puede desarrollar toda clase de alimentos (papas, mandarinas, aguacates, tomates etc.),

teniendo en cuenta que las aguas van a cumplir la normativa N° 097 A para la calidad de aguas de riego expuesta en (TULSMA, 2015), esto ayudara económicamente a los habitantes de la zona que utilizan la agricultura como fuente de ingreso para su diario vivir, por lo tanto el agua tratada se encuentra a disposición para los habitantes en caso decidan realizar algún tipo de proyecto sobre la reutilización del agua tratada.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Se obtuvo el caudal medio diario (0,55 L/seg), caudal mínimo (0,165 L/seg), caudal punta (2,75 L/seg) y caudal máximo diario (5,5 L/seg) utilizando como datos de partida la población futura (428 habitantes), dato que conjuntamente al consumo diario de agua por habitante (140 litros/hab*día), contribuyeron para realizar los posteriores cálculos para el diseño de la planta de tratamiento.

- Se ha realizado el diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales domesticas para el caserío la Clementina, este se proyectó para una población futura de 428 habitantes; el sistema se lo ha planteado para una vida útil de 10 años. Este diseño está compuesto por 6 procesos (Cribado, Desarenador, fosa séptica, humedal subsuperficial vertical, desinfección y un lecho de secado de lodos) que fueron dimensionados con el fin de ocupar una cantidad pequeña de terreno y aprovechando las pendientes del mismo para que el flujo se distribuya por gravedad haciendo a la planta económicamente asequible.

- Para el tratamiento secundario se plantea implementar un humedal de flujo subsuperficial vertical para el saneamiento de las aguas residuales elegida en base a una matriz de ponderación, teniendo como resultado que esta es la mejor opción técnica y económicamente viable para pequeñas comunidades como lo es el caserío la Clementina.

- El costo total aproximado para la construcción del sistema de tratamiento fue ($ 19.846,39), evidenciando que esta es una tecnología en costo de implementación bajo y una de las más eficaces además de requerir mínimos costos de operación y mantenimiento en comparación al costo de inversión con otras tecnologías más sofisticadas.

RECOMENDACIONES

- Realizar un análisis físico químico y biológico del afluente que ingresa a la planta de tratamiento, para determinar el grado de contaminación, de la misma manera del efluente de salida para ver si existe una disminución de la carga contaminante.

- El efluente que se obtiene a la salida de la arqueta del humedal se puede reutilizar como un recurso alternativo para riego agrícola siempre y cuando esta cumpla con los límites permisibles para este fin, por consiguiente, debe ser manejada y tratada apropiadamente.

- Realizar una charla de capacitación sobre el manejo y mantenimiento de los humedales, para así evitar daños a la infraestructura en un periodo corto de tiempo.

6. BIBLIOGRAFÍA

Lizana Yarlequé, P. C. (2018). Tratamiento de Aguas Residuales para el Caserío Villa Palambla. Universidad de Piura: Piura .

"La Desinfección y Esterilización con Luz Ultravioleta". (05 de 02 de 2020). Obtenido de Logic Clean: https://www.logicclean.es/la-desinfeccion-esterilizacion-luz-ultravioleta/

(PSATS), T. o. (2016). Wastewater Treatment Plant Operator Certification Training, Module 20: Trickling Filters. obtenido de : http://files.dep.state.pa.us/Water/BSDW/OperatorCertification/TrainingModules/ww20_trickling_filter_wb.pdf.

Acosta Castellanos, P. M., Caro Camargo, C. A., & Perico Granados, N. R. (2015). Interference analysis of physical parameters of water in radiation UV disinfection. Journal of Technology, Volumen 14 ¦ Número 2 ¦ Págs. 105-112.

Allende Limo, G. A., & Mendoza Zuloeta, A. (2018). Proyecto de un diseño de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domesticas del Distrito de Lambayeque con el uso de un Reactor UASB. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo: Lambayeque - Perú.

Arias, O. (2004). Estudio de la biodegradación de la materia orgánica en humedales construidos de flujo subsuperficial. Universitat Politècnica de Catalunya. Departament d'Enginyeria Hidràulica, Marítima i Ambiental.: Tesina, Barcelona .

Beascoechea, E. d., Muñoz, J. d., & Curt Fernández de la Mora, M. D. (2012). Manual de fitodepuración.Filtros de macrofitas en flotación. Madrid,España: Fundación Global.

Bernal Martínez, L. A., Solís Morelos, C., Linares Hernández, I., Barrera Díaz, C., & Colín Cruz, A. (2011). Tratamiento de Agua Municipal Residual por un Sistema Fisicoquimico y Oxidación Química en Fluji Continuo. Avances en Ciencias e Ingeníeria, 2(2),69-81. Obtenido de Avances en Ciencias e Ingeníeria.

Caicedo Messa, F. (2006). Diseño, Construcción y Arranque De Un Reactor U.A.S.B Piloto Para El Tratamiento De Lixiviados. Universidad Nacional De Colombia: Colombia.

Campoverde Niño, O. J. (2019). Tratamiento de aguas residuales de una empresa industrial. Universidad de Piura: Piura.

Cárdenas Calvachi, G. L., & Sánchez Ortiz, I. A. (2013). Nitrógeno en aguas residuales: orígenes, efectos y mecanismos de remoción para preservar el ambiente. Colombia: Rev. Univ salud. 2013;15(1) 72 - 88.

Castillo Chancay, F. (2019). Rubrica de Costos para la Construccion de una Planta de Tratamiento . Calderon.

Coste, D. B., & Para, A. (2016). Aguas Residuales Con Sistemas Alternativos Reducida .

Delgadillo, O., Camacho, A., Fernando Pérez , L., & Andrade, M. (2010). Depuración de aguas residuales por medio de humedales artifi ciales. Cochabamba – Bolivia.

Díaz Cuenca, E., Alvarado Granados, A. R., & Camacho Calzada, K. E. (2012). El tratamiento de agua residual doméstica para el desarrollo local sostenible: el caso de la técnica del sistema unitario de tratamiento de aguas, nutrientes y energía (SUTRANE) en San Miguel Almaya. México: Quivera Revista de Estudios Territoriales, 14 (1), 78-97. [Fecha de consulta 27 de junio de 2020]. ISSN: 1405-8626.Disponible en: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=401/40123894005.

Ecuador Asamblea Constituyente. (2008). Constitución de la República del Ecuador. Ambiente Sano. Quito : Registro Oficial ecuatoriano, 20 de Octubre del 2008.

Estrada Gallego, I. Y. (2010). Monografía Sobre Humedales Artificiales De Flujo Subsuperficial (HAFSS) Para Remoción De Metales Pesados En Aguas Residuales. 178.

Fernández Cirelli, A. (2012). El agua: un recurso esencial. Química Viva, 11 (3). 147-170, [Fecha de consulta 27 de junio de 2020]. ISSN:. Disponible en: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=863/86325090002.

Fernandéz, A. j., & Pastor Piñeiro. (1992). Ecophy siological responses of lagunes to soil disturbances. Santa Bárbara - California pag 50-62.

Flores Llantoy, S. (2016). Diseño de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales utilizando Humedales Artificiales para riego en la Ciudad Universitaria Los Modulos, Ayacucho. Universidad Peruana del Centro: Huancayo - Peru .

García , J., & Corzo Hernández , A. (2008). Guía Práctica de Diseño, Construcción y Explotación de Sistemas de Humedales de Flujo Subsuperficial. Universidad Politécnica de Catalunya: 108.

García Galarza, G. E. (2016). Diseño de un Biodigestor para el mejoramiento de las aguas residuales en la parroquia de Tumbaco ejemplificado en los barrios Tola Chica, Tola Grande y Santa Rosa. Universidad Sanfrancisco de Quito: Quito.

García Quito, A., & Ludizaca Viracocha, W. E. (2017). Diseño de un Sistema de Humedales Artificiales para el Tratamiento de las Aguas Residuales en la Comunidad del Tabacay, Cantón Azogues, Provincia de Cañar. Universidad de Cuenca: Cuenca.

Gómez Rendón, C. P. (2013). Manejo De Aguas Residuales En Pequeñas Comunidades. Universidad Nacional Abierta Y A Distanicia UNAD: Bogota.

INEN, I. (1992). Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes. Quito: CPE INEN, 5, 9-1.

Lahora, C. A. (2004). “Los humedales artificiales como tratamiento terciario de bajo coste en la depuración de aguas residuales urbanas” . en www.gem.es/MATERIALES/DOCUMENT/DOCUMEN/g01/.

López Cualla , R. A. (2003). Elementos de Diseño para Acueductos y Alcantarillados. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería: Colombia.

Lozano Rivas , W. A. (2012). Diseño de Plantas de Tratamiento De Aguas Residuales: Fundamentos De Diseño De Plantas Depuradoras De Aguas. Bogota - Colombia.

Lozano, W. (2012). Fundamentos de diseños de plantas de tratamiento depuradoras de aguas residuales. Bogotá Colombia. Recuperado el 14 de 12 de 2019, de https://www.researchgate.net/publication/298354134_Diseno_de_Plantas_de_Tratamiento_de_Aguas_Residuales

Nishikiten. (2013). Nishikiten. Obtenido de http://www.bonsaimenorca.com/articulos/articulos-tecnicos/parametros-decalidad-de-las-aguas-de-riego/.

OPS, O. (2005). Guía para el Diseño de Tanque Séptico, Tanque Imhoff y Laguna de Estabilización. UNATSABAR: Lima.

Paredez Parra, C. D. (2017). Diseño Del Sistema De Alcantarillado Y Planta De Tratamiento De Los Sectores La Clementina - Salate Del Cantón San Pedro De Pelileo De La Provincia De Tungurahua, Y La Elaboración De Un Prototipo De Un Biofiltro De Lechuguín Como Tratamiento Secundario. Universidad Técnica de Ambato: Ambato.

Pastuña Curco , K. D. (2015). Fitorremedicaón del agua para el cultivo de plantas en el vivero forestal del Gad Municipal del Cantón Latacunga,povincia de Cotopaxi,periodo 2015. Latacunga-Ecuador.

Pazán Toledo, A. E., & Trelles Calle, J. S. (2018). Analisis del estado del arte de humedales subsuperficiales de flujo vertical para el tratamiento de aguas residuales y lodos de depuradoras. Cuenca, Ecuador.

Pietrobon Tarrán, E. (s.f.). Desinfección por Luz Ultravioleta. Sao Paulo, Brasil.

Pugh, S. (1990). Total Design: Integrated Methods for Successful Product Engineering. pag:246: Addison-Wesley,.

Ramos Medina , W. (2019). Remoción de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) en un reactor anaeróbico secuencial discontinuo tratando agua residual doméstica. Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil : Guayaquil.

Ras. (2000). Tratamiento de aguas residuales. Bogotá. Recuperado el 26 de 12 de 2019

Rincón Lozano , W., & Córdoba Mesa, W. (2017). Determinación de los Factores de Mayoración para el Consumo de Agua Potable en el Municipio de Sibaté con Respecto a los Definidos en la Resolucion Numero 0330 del 8 de Junio de 2017. Universidad Catolica de Colombia: Bogota.

Ronquillo Abad, R. (2016). Diseño de una Planta de Tratamiento de Agua Residuales para ser utilizada en el Riego del parque Samanes. Universidad de Guayaquil: Guayaquil - Ecuador .

Rostworowski, M. (2011). Morfología de la especie Totora (Scirpus californicus) en el uso sostenible del recurso natural. Perú.

Sálas Rodríguez , J. J. (12 de 08 de 2020). Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Comunidades Mediante Humedales. (I. d. UPEA, Entrevistador)

Sánchez Meneses , M. D. (2019). Propuesta de fitorremediación para coliformes fecales utilizando la especie Schoenoplectus californicus en la Comunidad de Illangama de

Guaranda, provincia Bolivar. Guyaquil, Ecuador: Tesis. Recuperado a partir de http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/44936.

Secretaria Nacional del Agua. (2014). Norma de diseño para el abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural. Obtenido de https://www.agua.gob.ec/: https://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/04/norma_rural_para_estudios_y_disenos.pdf

Sonntag, C. v., & Schuchmann, H. P. (1992). UV disinfection of drinking water and by product formation-some basic considerations. . J Water SRT–Aqua, vol.41(2):67-74.

Soto, F., Garcia, M., de Luis, E., & Bécares, E. (1999). Role of Scirpuslacustris in bacterial and nutrient removal from wastewater. Water Science and Technology, Pages 241-247.

TULSMA. (2015). Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente . Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua.

Turushina Silva , M. N. (2017). Diseño del Alcantarillado Sanitario y su Sistema de Depuración Aplicando Similitud Hidráulica para la Obtención de un Modelo Óptimo para los Barrios San Juan y Sarapamba de la Parroquia Eloy Alfaro, Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi . Ambato: Universidad Tecnica de Ambato.

UNICEF, W. (2017). Safely managed drinking water - thematic report on drinking water 2017. Geneva Switzerland: World Health Organization.

Valdés, I., Curt, M. D., & Fernández, J. (2005). “Tolerancia de Phragmites y Typha a la contaminación del agua”. Lorca: en Memoria del Encuentro Internacional en Fitodepuración.

Valencia López, A. E. (2013). Diseño De Un Sistema De Tratamiento Para Las Aguas Residuales De La Cabecera Parroquial De San Luis - Provincia De Chimborazo. Escuela Superior Politecnica De Chimborazo: Riobamba.

Zhou, H., & Smith, D. W. (2002). Advanced technologies in water and wastewater treatment. Journal Environmental Engineering Science, 1, 247-264.

7. ANEXOS

Tabla A 1 Consumo domiciliario de aguas potable Caserío la Clementina

Detalle		Consumo 2	
Cantón		San Pedro de Pelileo	
Sector		La Clementina	
Fecha de datos de consumo		Sábado 20 de mayo - sábado 27 de mayo/ 2017	
Hora de toma de datos		10:30 am	
Fecha	**# Días**	**Lectura del medidor (acumulado) m3**	**Volumen (m3)**
Sábado, 20/mayo/2017	1	2820.1	
Domingo, 21/mayo/2017	2	*2820.8	0.7
Lunes, 22/mayo/2017	3	2821.6	0.8
Martes, 23/mayo/2017	4	2822.3	0.7
Miércoles, 24/mayo/2017	5	2822.9	0.6
Jueves, 25/mayo/2017	6	2823.6	0.7
Viernes, 26/mayo/2017	7	2824.1	0.5
Sábado, 27/mayo/2017	8	2824.8	0.70
Promedio		**0.70**	

Fuente: (Paredez Parra, 2017)

Tabla A 2 Dotación actual in situ

DOTACIÓN MEDIA ACTUAL			
Detalle/ Sector	**Lectura promedio consumo m3/día**	**Dotación media actual** $Da = \frac{\text{Promedio de lecturas}}{\text{\# de personas / vivienda}}$	**VALOR(DA)** $lt/hab/día$
Consumo 1/Salate	0.76 $m3día$	$Da = \frac{0.76\text{m3día} * 1000\text{lt}}{1\text{m3} * 5\text{ habitantes/hogar}}$	152 lt/hab/día
Consumo 1/ La Clementina	0.70 $m3día$	$Da = \frac{0.70\text{ m3día} * 1000\text{lt}}{1\text{m3} * 5\text{ habitantes/hogar}}$	140 lt/hab/día
Promedio	**DOTACIÓN MEDIA ACTUAL (Da)**	**146 lt/hab/día**	

Fuente: (Paredez Parra, 2017)

Tabla A 3 Estimación de las aguas residuales domesticas cerca de la zona de estudio

Parametros	Unidades	Promedio
DQO	mg/L	367,8
DBO5	mg/L	172,4
NTK	mg/L	49,77
Nitr. Amoniacal	mg/L	38,26
SST	mg/L	213
SDT	mg/L	283
Coliformes	NMP/100 ml	4402700
Aceites y Grasas	mg/L	63,394
Tensoactivos	mg/L	5,63

Elaborado por: Llugllla Joselyn & Montaluisa Paul

Tabla A 4 Dotaciones Recomendadas

POBLACIÓN (habitantes)	CLIMA	DOTACIÓN MEDIA FUTURA (l/hab/día)
Hasta 5000	Frío	120 – 150
	Templado	130 – 160
	Cálido	170 – 200
5000 a 50000	Frío	180 – 200
	Templado	190 – 220
	Cálido	200 – 230
Más de 50000	Frío	> 200
	Templado	> 220
	Cálido	> 230

Fuente: (INEN, 1992)

7.1. ESQUEMA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

