UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD CIENCIAS DE LA VIDA

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

TEMA

PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL BARRIO NUEVO MILENIUM DEL CANTÓN MERA, PROVINCIA DE PASTAZA.

AUTORES:

DOMENICA SULAY BALLADARES ABRIL.

MARÍA FERNANDA QUINTEROS ARIAS.

DIRECTOR DEL PROYECTO/TRABAJO:

Peñafiel Arcos Pedro Andrés

Puyo - Ecuador

2021

DECLARATORIA DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS.

Quienes suscriben Domènica Sulay Balladares Abril con C.I 172534525-8 y María Fernanda Quinteros Arias con C.I 160086865-5, hace costar que es autor/a del Proyecto de investigación/Trabajo de integración Curricular titulado: "**PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL BARRIO NUEVO MILENIUM DEL CANTÓN MERA, PROVINCIA DE PASTAZA**", el cual constituye una elaboración personal realizada únicamente con la dirección del Tutor de dicho trabajo, Msc. Peñafiel Arcos Pedro Andrés

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 29 días del mes de enero del 2021.

.....

Domènica Sulay Balladares Abril

CI: 172534525-8

.....

María Fernanda Quinteros Arias

CI: 160086865-5

CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR EL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN.

El tribunal de sustentación del proyecto de investigación y desarrollo aprueba el proyecto de investigación titulado: **Propuesta de diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales para el barrio Nuevo Milenium del cantón Mera, Provincia de Pastaza.**

RICARDO VINICIO ABRIL SALTOS

Ricardo Abril.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL.

PAMELA [illegible] PINTADO VALLEJO

Pamela Pintado.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL.

ANDREA DANIELA MEJIA LOPEZ

Andrea Mejía.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL.

CERTIFICADO DE PORCENTAJE DE SIMILITUD OBTENIDO EN EL SISTEMA ANTI PLAGIO.

Quien suscribe el presente Msc Pedro Andrés Peñafiel Arcos con C.I: 1600373987, certifica que el Proyecto de Integración de Investigación/Trabajo de Integración Curricular titulado: "PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL BARRIO NUEVO MILENIUM DEL CANTÓN MERA, PROVINCIA DE PASTAZA", ha sido examinado a través del sistema Anti-plagio URKUND y presenta un porcentaje de similitud del 9 %.

En el cantón Pastaza, a los 18 días del mes de febrero del 2021.

PEDRO ANDRES PEÑAFIEL ARCOS

Msc Pedro Peñafiel

Director del Proyecto de Investigación/Trabajo de Integración Curricular

DERECHOS DE AUTOR COPYRIGHT

2021, Doménica Sulay Balladares Abril, María Fernanda Quinteros Arias.

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD.

Yo Doménica Sulay Balladares Abril y yo María Fernanda Quinteros Arias, declaramos que el presente proyecto de investigación es de nuestra autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que proviene de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores. Asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular.

AGRADECIMIENTO.

Plasmaremos nuestro pensamiento en palabras de un infinito agradecimiento a cada etapa, obstáculo, desafío, lagrimas, cansancio, al lugar donde aprendimos y valoramos el esfuerzo propio, a nuestros maestros que nos encaminaron, a nuestros amigos por hacer de nuestra vida estudiantil inolvidable, a nuestros padres por darnos lo mejor, a Dios por habernos dado el tiempo, el lugar y las personas perfectas para hoy culminar una etapa más.

- *Dome & Mafer.*

DEDICATORIA.

Yo María Fernanda, le dedico este logro a mi Madre ya que simplemente sin ella esto no tuviera sentido, se lo dedico a la mujer que me dio la vida y que me dio el ánimo de salir adelante siempre, se lo dedico a ella porque me heredó lo más importante, el estudio. Se lo dedico a ella que me saco siempre de la oscuridad con una palabra de aliento. Se lo dedico a ella porque ella es mi todo.

Me lo dedico a mí, porque mi esfuerzo, mis malas noches y mis horas de estrés ahora están cosechando sus frutos.

Finalmente, se lo dedico a las personitas que forman parte de mi vida y que fueron de muchísima ayuda de manera económica y moral para que el día de hoy este culminando mi meta planteada.

Yo Doménica Balladares, dedico esta tesis principalmente a Dios porque sin él no hubiera sido posible cumplir esta meta, ya que él es dueño de nuestras vidas, a mis Padres Raquel Abril y Freddy Balladares ya que son el pilar fundamental de mi vida. Por darme el apoyo emocional y económico para poder llegar a donde estoy ahora. Por el esfuerzo que han hecho para siempre sacarme adelante y nunca dejarme sola.

A mis hermanos Michelle y Bismar por el cariño y apoyo que me han dado moralmente.

A mi Abuelito Héctor Abril que ha sido una persona fundamental en mi vida ya que siempre ha estado dispuesto en ayudarme en lo que necesitaba.

A mi compañera y amiga Mafer Quinteros porque sin el equipo que formamos y el apoyo mutuamente no hubiéramos logrado esta meta.

RESUMEN

El presente trabajo sobre la propuesta de la planta de tratamiento de aguas residuales en el barrio Nuevo Milenium, del cantón Mera, Provincia de Pastaza tiene como finalidad diseñar una planta de tratamiento para las aguas residuales domésticas generadas en el barrio Nuevo Milenium del cantón Mera, provincia de Pastaza, el trabajo es considerado de tipo descriptivo – cuantitativo en el que se aplicaron las siguientes metodologías: Para la recabación de información socioambiental del sector, se aplicaron técnicas de investigación como observación directa, encuestas y entrevistas además de información secundaria como revisión bibliográfica del PDOT, para el análisis de la selección de la alternativa del tratamiento que se aplicó en la planta, se desarrollaron matrices de ponderación, mientras que para el diseño de la planta seleccionada se utilizó la metodología de LOZANO y GARCÍA & CORZO, además de tratamientos de datos como la utilización de los software Auto Cad, ArcGIS y Microsoft Excel, con la aplicación de estos métodos se llegaron a obtener los siguientes resultados: Mediante la obtención de algunos parámetros como la precipitación, temperatura, caudales de diseño y población futura, se diseñó una planta de aguas residuales con cuatro tipos de tratamiento, dentro del pretratamiento se establecieron 1 sistema de rejillas y 1 desarenador, en el tratamiento primario se diseñó un tanque Imhoff, en el tratamiento secundario se diseñó un humedal subsuperficial de flujo vertical, mientras que en el tratamiento terciario se diseñó la etapa de desinfección ultravioleta. Se obtuvo un caudal medio diario de 1,724 l/s un caudal mínimo de 0,517 l/s un caudal en punta de 8,62 l/s y un caudal máximo diario de 17,24 l/s utilizando como datos de partida la población futura de 937 habitantes y un consumo diario de 170 l/hab*día que contribuyeron para la realización de los distintos procesos de la planta de tratamiento. El costo aproximado para la construcción de los tratamientos fue de 46888,608 dólares americanos.

Palabras clave: diseño, matriz, tratamiento, humedal, desinfección.

ABSTRACT.

The present work on the proposal of the wastewater treatment plant in the Nuevo Milenium neighborhood, Mera canton, Pastaza province, aims to design a treatment plant for domestic wastewater generated in the Nuevo Milenium neighborhood of Mera canton, Pastaza province, the work is considered a descriptive-quantitative type in which the following methodologies were applied: For the collection of socio-environmental information of the sector, research techniques such as direct observation, surveys and interviews were applied in addition to secondary information such as bibliographic review of the PDOT, for the analysis of the selection of the alternative of the treatment that was applied in the plant, weighting matrices were developed, while for the design of the selected plant the methodology of LOZANO and GARCÍA & CORZO was used, in addition to data treatments such as the use of Auto Cad, ArcGIS and Microsoft Excel software, with the application of these methods the following results were obtained: By obtaining some parameters such as precipitation, temperature, design flow rates and future population, a wastewater plant was designed with four types of treatment, within the pretreatment 1 system of grids and 1 desander were established, in the primary treatment an Imhoff tank was designed, in the secondary treatment a subsurface wetland with vertical flow was designed, while in the tertiary treatment the ultraviolet disinfection stage was designed. An average daily flow of 1.724 l/s, a minimum flow of 0.517 l/s, a peak flow of 8.62 l/s and a maximum daily flow of 17.24 l/s were obtained using as starting data the future population of 937 inhabitants and a daily consumption of 170 l/inhab*day that contributed to the realization of the different processes of the treatment plant. The approximate cost for the construction of the treatment plant was US$ 46,888,608.

Key words: design, matrix, treatment, wetland, disinfection.

Tabla de contenido

CAPÍTULO I 1
1. INTRODUCCIÓN 1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 2
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA: 2
1.2 OBJETIVOS 3
1.2.1. OBJETIVO GENERAL 3
1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 3
1.3. JUSTIFICACIÓN 3
CAPITULO II 5
2.FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA 5
2.1. ANTECEDENTES 5
2.2. AGUA RESIDUAL 5
2.2.1. TIPOS DE AGUAS RESIDUALES 6
2.3 CARACTERÍSTICAS DEL AGUA RESIDUAL 6
2.3.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS 6
2.3.2 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS 6
2.3.3 CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS 8
2.3.4 CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS 9
2.4 TIPO DE TRATAMIENTOS 10
2.5 TRATAMIENTOS POR DISEÑAR 11
2.5.1 PRETRATAMIENTO 11
2.5.2 TRATAMIENTO PRIMARIO 11
2.5.3 TRATAMIENTO SECUNDARIO O BIOLÓGICO 12
2.5.4 TRATAMIENTO TERCIARIO 14
2.6 NORMATIVA AMBIENTAL VIGENTE DE DESCARGA A CUERPOS DE AGUA DULCE 15
2.6.1 CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR 2008 15
2.6.2 CÓDIGO ORGÁNICO DEL AMBIENTE 16
2.6.3 REGLAMENTO AL CÓDIGO ORGÁNICO DEL AMBIENTE 16
2.6.4 CÓDIGO ORGÁNICO DE ORGANIZACIÓN TERRITORIAL, AUTONOMÍA Y DESCENTRALIZACIÓN. 16
2.6.5 ORDENANZA MUNICIPAL DE REGULACIÓN, ADMINISTRACIÓN Y CONTROL DE TARIFAS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO PARA EL CANTÓN MERA 17

2.6.6 NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES: RECURSO AGUA. 18
CAPITULO III 20
3.METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN. 20
3.1 Localización. 20
3.2 Tipo o Diseño de investigación. 21
3.3 Métodos de investigación 22
3.3.1 MÉTODO PARA EL OBJETIVO 1 22
3.3.2 MÉTODO PARA EL OBJETIVO 2 24
3.3.3 MÉTODO PARA EL OBJETIVO 3 27
3.4 ANÁLISIS TÉCNICO-ECONÓMICO 42
3.5 TRATAMIENTO DE DATOS: 42
CAPITULO IV 44
4. RESULTADOS. 44
4.1 RESULTADOS OBJETIVO 1 44
4.1.1 CLIMA 44
4.1.2 PLUVIOSIDAD 44
4.1.3 TAMAÑO DE LA POBLACIÓN 44
4.1.4 NIVEL SOCIOEONÓMICO. 45
4.1.5 ESTABILIDAD GEOLÓGICA 45
4.1.6 DIRECCIÓN DE LOS VIENTOS 46
4.1.7 SERVICIOS AMBIENTALES ECOSISTÉMICOS 46
4.1.8 CARACTERÍSTICAS DEL AGUA RESIDUAL DOMESTICA GENERADA EN ECUADOR 46
4.2 RESULTADO OBJETIVO 2 47
4.2.1 COMPARACIÓN DE ALTERNATIVAS 47
4.2.2. MATRIZ DE RESULTADOS 48
4.3 RESULTADOS OBJETIVO 3 48
4.3.1 CAUDALES 48
4.3.2 OBRAS DE LLEGADA 50
4.4 TRATAMIENTO PRELIMINAR O PRE-TRATAMIENTO. 53
4.5 TRATAMIENTO PRIMARIO 56
4.6 TRATAMIENTO SECUNDARIO 62
4.7 TRATAMIENTO TERCIARIO 65
4.8 ANÁLISIS TÉCNICO - ECONÓMICO: 65

CAPITULO V 71
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. 71
5.1 Conclusiones 71
5.2 Recomendaciones. 72
CAPITULO VI 73
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS. 73
CAPITULO VII 80
7. ANEXOS 80
7.1 Anexos 80
7.2 APÉNDICE. 82

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1Principales productos de la descomposición de la materia orgánica. 7
Tabla 2 Composición típica de las aguas residuales domésticas. 10
Tabla 3 Limite de descarga a un cuerpo de agua dulce. 18
Tabla 4 Métodos de Investigación. 22
Tabla 5 Escala de valores por el método de matrices de priorización. 26
Tabla 6 Matriz de selección de alternativa 26
Tabla 7 Valores recomendados de los parámetros necesarios para el diseño de un canal de desbaste y sus respectivas rejas. 30
Tabla 8 Valores recomendados de los parámetros necesarios para el dimensionamiento de desarenadores. 32
Tabla 9 Valores recomendados de los parámetros de dimensionamiento de un tanque Imhoff. 35
Tabla 10 Criterios de diseño para humedales artificiales verticales. 41
Tabla 11 Comparaciones de diferentes tesis de resultados de análisis de parámetros de las aguas residuales. 46
Tabla 12 Comparación de las alternativas en base a criterios de selección. 47
Tabla 13 Elección de la alternativa en función de los criterios seleccionados. 48
Tabla 14 Medidas de caudales. 50
Tabla 15 Dimensiones del canal de llegada. 52
Tabla 16 Dimensiones de la rejilla. 53
Tabla 17 Dimensiones del desarenador. 55
Tabla 18 Dimensiones del tanque Imhoff. 62
Tabla 19 Dimensiones del humedal subsuperficial vertical. 63
Tabla 20 Análisis técnico-económico preliminar. 66
Tabla 21Análisis técnico- económico del pretratamiento 66
Tabla 22 Costos del Desarenador. 67
Tabla 23 Costos del tratamiento primario 67
Tabla 24 Costos del tratamiento secundario. 68
Tabla 25 Costos del tratamiento terciario. 69
Tabla 26 Costos Totales. 69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Mapa de ubicación del barrio nuevo Milenium.....20
Figura 2 Mapa de ubicación.....21
Figura 3 . Esquema de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para el barrio Nuevo Milenium.....27
Figura 4 Esquema de la sección de un tanque Imhoff. 35
Figura 5 Esquema de la zona de decantación de un tanque Imhoff rectangular.....37
Figura 6 Esquema de un tanque Imhoff rectangular con dos puntos de recogida de lodos. No se representa el resguardo. 39
Figura 7 Prototipo de sistema de rejas y desarenador.....56
Figura 8 ESQUEMA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES. 70

TABLA DE ANEXOS

ANEXO 1 En esta casa no cuenta con un pozo séptico.....80
ANEXO 2 Entrevista a una moradora del barrio.....80
ANEXO 3 Estero S/N con contaminación.....80
ANEXO 4 Lugar donde depositan las aguas residuales domésticas 80
ANEXO 6 Ubicación del Barrio.....81
ANEXO 5 Estero contaminado.....81
ANEXO 7 Estero S/N contaminado ya que aquí son depositadas las aguas residuales de algunas viviendas.....81

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso natural considerado como el solvente universal de la vida, ocupa el 70 % de agua dentro del planeta Tierra, constituido por el 97,5 % de agua salada y el 2,5 % de agua dulce, ocupando solo el 0,05% de agua para consumo humano, por lo que de ahí parte su importancia de conservarla (BIRF, 2013).

A nivel mundial la contaminación del agua es uno de los problemas más importantes para la sociedad, ya que la falta de cultura, educación y muchas veces de recursos económicos ha provocado que toneladas de residuos sólidos orgánicos e inorgánicos sean eliminados por vertido directamente en las aguas, siendo generados por fuentes industriales, municipales o domésticas, provocando una modificación en sus características físicas, químicas y biológicas, denominándose así aguas residuales (Sanchez, 2009).

En Latinoamérica el 70% de aguas residuales no son tratadas por lo que son vertidos directamente a las fuentes o cuerpos de agua, debido a que los gobiernos no le dan la importancia necesaria o en varias ocasiones no diseñan tratamientos eficaces para tratar las aguas residuales (INTEDYA, 2018).

En el Ecuador el 61,86%, es decir gran parte de los GAD Municipales realizan tratamientos de sus aguas residuales, mientras que el 38,14% no realizan tratamiento, teniendo presente que son solamente tratamientos primarios y pocas plantas con tratamientos secundarios. A nivel regional, la Sierra posee el mayor número de plantas para el tratamiento del agua residual con un 49,88%. Esto también debido a que los gobiernos autónomos de la Amazonía son más inestables y poseen menos recursos económicos a lo contrario de la Sierra y Costa (INEC, 2016).

En la provincia de Pastaza solo existen pozos o fosas sépticas o tres plantas con tratamiento secundario que aún después de su inauguración, no es utilizada adecuadamente, por lo que es la falta de estudio de criterios propios del lugar lo que ocasiona el mal diseño de las plantas de tratamiento de aguas residuales.

Asimismo, en las parroquias del cantón Pastaza no se cuenta con la depuración de aguas residuales de hecho las descargas van directamente a los ríos que cruzan a los rededores, siendo un gran ejemplo de esto el barrio Nuevo Milenium ubicado en la parroquia Shell.

Por todos estos acontecimientos el presente trabajo tiene como finalidad proponer un diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales para el barrio Nuevo Milenium y así poder contribuir con un adecuado proceso de saneamiento ambiental mitigando varios impactos de carácter social, ambiental y económico a largo plazo.

El diseño, construcción y optimización de la planta de tratamiento, servirá para dar un mejor trato a todas las aguas residuales que genera actualmente el Barrio, y posteriormente puedan ser vertidas al cuerpo receptor cumpliendo los parámetros legales.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el cantón Mera de la Provincia de Pastaza se encuentra el barrio Nuevo Milenium cuenta con aproximadamente 520 habitantes, se ubica en la parroquia Shell, a 806 metros de la vía perimetral que une a Puyo y Shell entrando a la vía Shell-Madre Tierra; los habitantes no cuentan con un sistema de alcantarillado y manejo de aguas servidas, lo cual genera un grave problema ambiental como de salud pública para los habitantes del barrio, en especial a los que se encuentran cerca del estero S/N.

Parte de los habitantes han optado por la construcción de pozos sépticos caseros para sus residuos, por otro lado, dichos pozos se encuentran en muy mal estado generando malos olores, por el escape de gases que se producen dentro del pozo, esto afecta al ambiente y a los habitantes del barrio. La otra parte de los habitantes no construyeron un pozo séptico, sino que descargan sus aguas residuales domesticas directamente al estero S/N.

La problemática surge a raíz del desarrollo del espacio físico del barrio, la generación de aguas residuales provenientes de los domicilios que conforman el barrio, la disposición de aguas residuales sin un previo tratamiento que ayude a la disminución de la carga contaminante de las aguas, siendo perjudicial para el ambiente trayendo consecuencias fatales para la flora y fauna y por otra parte a la salud de las personas con afectaciones por los riesgos biológicos.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA:

¿Para las aguas residuales del barrio Nuevo Milenium es necesario diseñar una PTARD para disminuir los impactos ambientales descargados al estero S/N y los cuerpos de agua dulce cercanos?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1. OBJETIVO GENERAL

- Diseñar una planta de tratamiento para las aguas residuales domésticas generadas en el barrio Nuevo Milenium del cantón Mera, provincia de Pastaza.

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar un diagnóstico socioambiental, demográficos y aspectos generales del sector Nuevo Milenium.
- Analizar diferentes alternativas de tratamiento que se podrían aplicar para las aguas residuales domesticas mediante revisión bibliográfica.
- Diseñar las etapas de tratamiento seleccionadas para la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domesticas.

1.3. JUSTIFICACIÓN

El agua al cumplir su ciclo sufre algún tipo de contaminación, lo cual genera afectaciones en las poblaciones ya sean seres humanos o animales. Las aguas residuales y su tratamiento son un tema de gran importancia, por ello se requiere cuidar el agua e insistir en aplicar un correcto tratamiento de aguas para así contribuir con el cuidado de esta.

El presente proyecto cuenta con una propuesta de diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales para las aguas domesticas generadas en el barrio Nuevo Milenium, que posteriormente realizan su descarga en el estero S/N a pocos metros del sector. El barrio está ubicado a orillas de la carretera en dirección izquierda, a 806 metros de la vía principal que conecta Shell-Puyo-Madre Tierra en el Cantón Mera, Provincia de Pastaza.

Las áreas de asentamientos más antiguas cuentan con el sistema de alcantarillado combinado, mientras que las zonas de reciente creación poseen sistemas separados. Conforme se ha evidenciado en las investigaciones realizadas al barrio Nuevo Milenium, existe un inadecuado manejo de las aguas residuales las cuales son evacuadas a pozos sépticos que no se encuentran en buenas condiciones, causando malos olores y afectando la salud de los habitantes del sector.

Por lo anterior, es necesario que en el barrio nuevo Milenium existan todos los servicios básicos indispensables, por múltiples razones, una de las predominantes es proteger el ambiente, mediante el manejo y tratamiento adecuado de las aguas residuales del barrio. Al implementar este tratamiento, se reducirá la vulnerabilidad a las enfermedades

infecciosas, mejorará la calidad de vida de los habitantes al igual que la imagen urbana ayudando al desarrollo integral de la ciudad.

Por lo tanto, se pretende realizar una propuesta de diseño de planta de tratamiento de las aguas residuales domesticas en esta zona, la cual beneficiará a los moradores actuales del barrio que son 520 habitantes y a las poblaciones futuras.

CAPITULO II

2.FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. ANTECEDENTES

Los seres humanos han usado el agua como eje principal de sobrevivencia desde su existencia, cuando aparecieron los primeros asentamientos estables, la eliminación de los residuos ha generado problemas constantes. En las décadas anteriores se ha buscado la manera de lograr una disposición correcta de los residuos líquidos derivados ya sea de uso doméstico o industrial. La mejor opción para los nuevos asentamientos era ubicarse cerca de los ríos o efluentes, puesto que así podrían tener el preciado líquido vital a disposición para realizar sus actividades cotidianas, sin embargo, cuando no se tiene cerca un efluente, el método que aún se observa en la actualidad era la construcción de pozos (INTEDYA, 2018).

A medida que fueron creciendo las civilizaciones se iba saliendo de control la deposición del agua que resultaba luego de su respectivo uso por la población, la mayor problemática se generaba cuando todas las aguas residuales eran lanzadas a los ríos sin ningún procedimiento, dado que del mismo rio la comunidad se abastecía de agua para sus actividades diarias, principalmente para su alimentación. La concentración de diferentes organismos en el agua crea un cultivo de enfermedades que afectan directamente a las personas que entran en contacto con el agua, siendo esto demostrado a finales del siglo XIX, por un microbiólogo, llamado Robert Koch, quien fue uno de los primeros investigadores en demostrar el nivel de influencia que tiene el agua residual en la propagación de enfermedades (Eduardo, 2020).

Según, Organización de las Naciones Unidas para la Educación. El problema del manejo de aguas residuales se volvió más latente a lo largo del tiempo, pero si no es hasta el siglo XX donde la situación se torna insostenible, debido a la globalización del mundo entero, todos los desechos residuales eran vertidos sin discriminación alguna a los ríos, originándose así de esta manera grandes cantidades de peligros para el ser humano (Eduardo, 2020).

2.2. AGUA RESIDUAL

Las aguas residuales se pueden definir como aquellas que, por uso del hombre, representan un peligro y deben ser desechadas, porque contienen gran cantidad de sustancias y/o microorganismos (LÓPEZ, 2015).

2.2.1. TIPOS DE AGUAS RESIDUALES

- Aguas residuales domésticas
- Aguas residuales industriales
- Aguas residuales urbanas

Aguas residuales domésticas: Esta clase de aguas residuales son aquellas aguas que tienen su origen en viviendas y están producidas en esencia por el metabolismo humano y por las actividades que se llevan a cabo en el ámbito doméstico (Rodriguez C. , 2018).

2.3 CARACTERÍSTICAS DEL AGUA RESIDUAL

2.3.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

El agua residual se caracteriza por las siguientes propiedades físicas:

- **Color, olor y sabor:** estas variables son las denominadas características organolépticas, si bien es cierto no ayudan a precisar valores cuantitativos, pero ayudan a tener una idea del nivel de carga contaminante maneja el agua residual (Perez, Aguas residuales Composición., 2014).
- **Temperatura**: El aumento de la temperatura del agua residual genera un cambio en la solubilidad de las sustancias, es decir se presenta un aumento de la presencia de 9 solidos disueltos, además la actividad biología se expande por cada diez grados (Jimenez, 2014).
- **Sólidos:** Existe una clasificación de tres tipos de sólidos, los cuales son los sólidos disueltos, solidos sedimentables y solidos totales. Según su composición estos presentan características distintas, pero siempre relacionadas en común a su decantabilidad (Villacis, 2011).

2.3.2 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

Las propiedades químicas se subdividen en tres partes, las cuales son materia orgánica, materia inorgánica y gases.

- **Materia Orgánica:** El 90% de la materia orgánica alojada en el agua residual, se compone de carbohidratos, proteínas y grasas. Los contaminantes en mención son biodegradables con la ayuda de microorganismos naturales que se hallan en el agua y ayudan a que exista una rápida descomposición.

La materia orgánica está compuesta principalmente por CHONS (Carbono, Hidrógeno, Oxígeno, Nitrógeno y Azufre) constituyendo las proteínas (restos de origen animal y vegetal), los carbohidratos (restos de origen vegetal), los aceites y grasas (residuos de cocina e industria) y los surfactantes (detergentes) (Pulido S. P., 2013).

Tabla 1Principales productos de la descomposición de la materia orgánica.

Tipo de materia orgánica	Tipo de descomposición	
	Aeróbica	**Anaeróbica**
Nitrogenada	Nitratos (NO_3^-), anhídrido carbónico (CO_2), agua (H_2O), sulfatos (SO_4^-)	Mercaptanos, índoles, escatol, ácido sulfhídrico (H_2S), cadaverina y putrescina.
Carbonácea	Anhídrido carbónico (CO_2), agua (H_2O)	Anhídrido carbónico (CO_2), gas metano (CH_4), gas hidrógeno (H_2), ácidos, alcoholes y otros.

Fuente: (Pulido S. P., 2013).

- **Demanda bioquímica de oxígeno (DBO):** Es una medida indirecta de la cantidad de materia orgánica contenida en una muestra de agua, se usa para determinar el consumo de oxígeno que hacen los microorganismos para degradar los compuestos biodegradables (Pulido S. P., 2013).
- **Demanda química de oxígeno DQO:** El DQO es usado para es un tanto químico, debido a que en esta variable se mide la demanda de oxígeno con el cual se logra oxidar la materia orgánica del agua residual con el uso de químicos (Berruga, 2013).
- **Materia Inorgánica:** La carga de materia inorgánica, se presenta también en el agua residual entendiéndose como la aparición de presencia inorgánica luego de un proceso de evaporación.

- **pH:** El potencial hidrogeno es una variable que ayuda a identificar el grado de acidez, las formas de vida del medio ecológico son expuestas a riesgo, puesto que el aumento de la acidez asciende debido a la descarga de efluentes en los ríos, lo que da paso a que aumente la acidez dificultando la existencia de organismos que existen con un determinado nivel de PH (Barba, 2002).
- **Gases:** Según, (Perez, Aguas residuales Composición., 2014)los gases que tienen presencia en la composición del agua residual se pueden clasificar en dos tipos, primero se ubican los gases que contenidos en toda agua que es expuesta al ambiente, estos son el nitrógeno, oxígeno y el anhídrido carbónico. Luego están los gases resultantes de la descomposición de la carga orgánica del agua residual, entre ellos los principales son el metano y el sulfuro de hidrogeno.
- **Detergentes:** La estructura de los detergentes se compone de dos partes: una llamada lipofílica y la otra, hidrofílica.

- Parte lipofílica: tiene afinidad con grasas y aceites y se encarga de ubicarlos cuando se aplica un detergente.
- Parte hidrofílica: tiene afinidad con el agua y les da a los detergentes la característica de mantener sus capacidades limpiadoras en el agua.

Por lo general se les atribuye a los detergentes la capacidad de modificar la tensión superficial del agua para llevar a cabo el proceso limpiador. Los detergentes contienen ácidos, fosfatos o álcalis y pueden llegar a utilizarse como elementos antisépticos. Tienen diferentes aplicaciones, que van desde los detergentes para lavar la ropa hasta detergentes para alfombras (Quiminet, 2011).

2.3.3 CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS

Las aguas residuales según su composición pueden albergar una gran cantidad de microorganismos:

- **Coliformes fecales:** son un importante indicador de presencia de materia fecal en el agua residual, puesto que este tipo de coliformes forman parte del tracto intestinal del ser humano y de los animales, además se las denomina termo tolerantes por su capacidad de soportar altas temperaturas (Mercedes, 2013).

- **Coliformes totales:** no presentan un origen fecal, por lo tanto, evaluar este tipo de coliformes puede resultar en vano porque resultan de manera natural en la vegetación o en el agua (Mercedes, 2013).

2.3.4 CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS

Las aguas residuales presentan diferentes características microbiológicas, las misma que aportan una gran cantidad de materia orgánica que es aprovechado en forma de alimento para los microorganismos como los hongos, protozoos y bacterias encargados de la descomposición. A continuación, se deben tener en cuenta:

- **Bacterias:** Microorganismos unicelulares corresponsables de la mineralización y estabilización de la materia orgánica presente en las aguas residuales. Su reproducción es asexualmente por mitosis y pertenecen a los protistas inferiores. Su dimensión es variable, aunque ordinariamente están por debajo de 0,5 – 1,5 µm de ancho por 10 µm de largo. En términos generales, las bacterias hidrolizan la materia orgánica –proteínas, carbohidratos, lípidos, entre otros, y la transforman en sustancias simples solubles como, aminoácidos, monosacáridos, etc (Manga Certain, 2007).
- **Hongos:** Los hongos son microorganismos que prevalecen en las aguas residuales de tipo industrial debido que toleran a valores de pH bajos y a la escasez de nutrientes (Pulido S. M., 2014).
- **Protozoos:** Generalmente se nutren de bacterias y materia orgánica llevando a cabo una cadena trófica dentro del sistema, con el fin de mejorar la calidad microbiológica de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales (Pulido S. M., 2014).

Tabla 2 Composición típica de las aguas residuales domésticas.

Parámetro	Magnitud
DBO	220 mg/L
DQO	500 mg/L
COT	160 mg/L
Sólidos totales	720 mg/L
Sólidos disueltos	500 mg/L
Sólidos disueltos volátiles	200 mg/L
Sólidos suspendidos	220 mg/L
Sólidos suspendidos volátiles	165 mg/L
Sólidos sedimentables	10 ml/L
Nitrógeno total	40 mg/L – N
Nitrógeno orgánico	15 mg/L – N
Nitrógeno amoniacal	25 mg/L – N
Fósforo total	8 mg/L – P
Fósforo orgánico	3 mg/L – P
Fósforo inorgánico	5 mg/L – P
Grasas	100 mg/L

Fuente: (Pulido S. M., 2014)**.**

2.4 TIPO DE TRATAMIENTOS

Los tipos de tratamiento en los cuales prevalecen los fenómenos físicos se conocen como operaciones unitarias, cabe mencionar que algunos otros métodos de eliminación de los contaminantes se realizan en base en procesos químicos o biológicos, los mismos que se conocen como procesos unitarios mediante sustancias nocivas que son removidas o transformadas en sustancias inocuas. Las principales operaciones unitarias utilizadas en la depuración del agua son las siguientes; cribado, sedimentación, flotación, filtración,

13 desinfección, entre otras. Actualmente existe la tendencia de agrupar los métodos de tratamiento en dos grandes grupos e independientemente de la eficiencia de remoción de la carga orgánica: operaciones y procesos unitarios (ROJAS.R, 2002).

2.5 TRATAMIENTOS POR DISEÑAR

2.5.1 PRETRATAMIENTO

El pretratamiento, aunque no es parte de un tratamiento con el que se minimice la carga contaminante de los vertidos, si desempeña un papel esencial en la medida en que elimina elementos que pueden producir declives en la eficiencia del tratamiento y, quizá lo más importante, resguarda los equipos, partes y unidades de la depuradora de daños que pueden resultar funestos para el correcto funcionamiento de la planta y del sistema de evacuación y transporte de aguas residuales, en general (Lozano, 2012).

- **Sistemas de rejillas:** El propósito elemental de aquellos dispositivos es permitir el desarrollo eficaz de tratamientos posteriores, los mismo que pueden ser de limpieza manual o mecánica. Se recomienda instalar rejillas de limpieza manual para gastos menores a 50 L/s; cuando el gasto es mayor o igual, es conveniente utilizar rejillas con limpieza mecánica (QUEVEDO, 2006).
- **Desarenador:** El desarenador es una obra hidráulica, que sirve para sedimentar partículas de gran tamaño que tienden a sedimentarse en poco tiempo, o material sólido suspendido en el agua, de la conducción. Las partículas se mantienen en suspensión debido a que la velocidad de entrada en la bocatoma es elevada y suficiente para arrastrar partículas sólidas (Ortiz, 2011).

2.5.2 TRATAMIENTO PRIMARIO

Este proceso tiene como objetivo eliminar por efecto de la gravedad, los sólidos suspendidos de las aguas residuales; se obtiene bien sea de manera libre, o asistida con químicos que agrupan las partículas (floculantes) para que ganen peso y decanten con mayor velocidad. Estos sólidos suspendidos eliminados del proceso son, en su mayoría materia orgánica, por lo cual se presenta una reducción importante en la concentración de DBO5 del efluente (Lozano, 2012).

- **TANQUE IMHOFF**

También conocido como tanque decantador-digestor, se puede considerar como una modificación de la fosa séptica convencional, en la que están separadas las zonas de

decantación y de digestión, una encima de la otra. Los sólidos que sedimentan pasan hacia la zona de digestión a través de unas ranuras existentes en el fondo del compartimento superior. Una vez en la zona de digestión, los lodos son digeridos a temperatura ambiente durante un periodo de 6 meses en zonas cálidas y un mínimo de un año en zonas templadas o frías. En el taque Imhoff se mejora la sedimentación de los sólidos respecto a las fosas al evitar que las burbujas de gases formados durante la digestión los arrastren hacia la superficie. Las burbujas circulan por el exterior de las paredes de la zona de decantación hasta alcanzar la superficie del agua en los laterales o el centro. La aparición de espumas en la superficie de decantación es indicativa de un mal funcionamiento del sistema (Garcia & Corzo, 2008).

2.5.3 TRATAMIENTO SECUNDARIO O BIOLÓGICO

El tratamiento secundario, conocido también como depuración o tratamiento biológico de las aguas residuales (TBAR), es entendido por la eliminación de contaminantes mediante la acción biológica de los microorganismos presentes en los reactores. La materia orgánica en suspensión y disuelta, es transformada mediante procesos de oxidación química, en biomasa y sólidos inorgánicos sedimentables, a diferencia del tratamiento primario que remueve sólidos en suspensión, sin embargo, buena parte de la DBO5 suspendida, el tratamiento secundario o biológico busca remover, especialmente, la DBO5 soluble y los remanentes de materia en suspensión que escaparon del tratamiento primario (Lozano, 2012).

- **FILTRO PERCOLADOR**

Un filtro percolador es un filtro biológico de lecho fijo que opera bajo condiciones (principalmente) aeróbicas. Se “deja caer” o rocía agua de desecho decantada sobre el filtro. Al migrar el agua por los poros del filtro, la materia orgánica se degrada por la biomasa que cubre el material del filtro.

El filtro percolador se llena con material de alta superficie específica, tales como piedras, grava, botellas de PVC trituradas, o material filtrante preformado especialmente. Preferiblemente debe ser un material con una superficie específica de entre 30 y 900 m2/m3. Para prevenir obstrucciones y asegurar un tratamiento eficiente es esencial un pretratamiento. El agua residual pretratada se “deja caer” sobre la superficie del filtro. Los organismos que se desarrollan en una delgada capa en la superficie del material

oxidan la carga orgánica produciendo dióxido de carbono y agua, generando nueva biomasa.

El agua residual entrante es rociada sobre el filtro con el uso de un rociador rotatorio. De esta manera, el material del filtro pasa por ciclos de saturación y de exposición al aire. Sin embargo, el oxígeno se reduce en la biomasa y las capas más internas pueden ser anóxicas o anaeróbicas. El filtro normalmente tiene de 1 a 3 m de profundidad, pero los filtros hechos con material plástico más ligero pueden ser de hasta 12 m de profundidad.

El material ideal para el filtro tiene una elevada relación superficie/volumen, es ligero, duradero y permite que el aire circule. Siempre que estén disponibles, las piedras trituradas o la grava son la opción más económica. Las partículas deben ser uniformes de manera que el 95% de las partículas tengan un diámetro entre 7 y 10 mm.

Ambos extremos del filtro están ventilados para permitir que el oxígeno pase a lo largo de su superficie. Una losa perforada sostiene el fondo del filtro y permite que el efluente y el exceso de lodo se recolecten.

Con el tiempo la biomasa engrosará y la capa sujeta se quedará sin oxígeno; entrará en un estado endógeno, perderá su habilidad de mantenerse sujeta y se liberará. Las condiciones de alta carga provocarán también la separación. El efluente recolectado debe ser clarificado en un tanque de sedimentación para eliminar cualquier biomasa que se haya desprendido del filtro. El índice de carga hidráulica y de nutrientes (la cantidad de agua residual que se surte al filtro) está determinada por las características del agua residual, el tipo del material del filtro, la temperatura ambiental y las necesidades de descarga (Elizabeth Tilley, Akvopedia, 2014).

- **BIODIGESTOR TUBULAR**

Este tipo de digestor (digestor de bolsa, balón o tubular) fue introducido en Taiwán en 1960. Está hecho de plástico inflable y es especialmente popular en China. Estos digestores vienen en volúmenes desde 2.2 a 13.5 m3, siendo los de 6m3 los utilizados comúnmente. De acuerdo con Mazumdar este modelo de digestor de bajo costo fue desarrollado por Chung Po de Taiwán utilizando goma de neopreno. Este diseño combina la cámara de digestión, el tanque de sedimentación y el gasómetro en una sola unidad. El sustrato no ocupa todo el volumen del digestor, ya que debe quedar un espacio para el gas. Así, a medida que la bolsa se hincha, el gasómetro se va formando y llenando. El funcionamiento de este digestor se basa en la tecnología de digestión anaeróbica plug-

flow o de flujo pistón, por la forma en la que se desplaza la carga en su interior. Este tipo de flujo se explica posteriormente con mayor detalle, cuando se describa el biodigestor tipo pistón a escala industrial. Dicho modelo, según Mazumdar consistía básicamente en una bolsa de goma cilíndrica de aproximadamente 3.3 m de largo y 1.5 m de diámetro. Toda el área necesaria para el digestor, junto con las tuberías de entrada y salida, debe ser de al menos 4.5 m de longitud y 1.8 m de ancho. Esta bolsa de biogás debe ser apoyada hasta el nivel de mezcla que contiene en su interior. Esto se puede hacer mediante su colocación en una zanja cavada en el suelo hasta dicho nivel y las salidas a nivel del suelo (Rafael Saavedra García Zabaleta, 2017).

- **HUMEDALES VERTICALES**

Los humedales de flujo vertical subsuperficial son sistemas en los que el agua residual fluye a través del sustrato, en general gravilla, entrando en contacto con los microorganismos que colonizan la superficie tanto de las raíces de las plantas como del propio sustrato. En estos sistemas ocurre un número importante de procesos físicos, químicos y biológicos interrelacionados. Varios investigadores han informado sobre la aplicación de humedales como una opción eficaz de bajo costo para el tratamiento secundario y terciario de aguas residuales, y los consideran una opción adecuada para la depuración de aguas residuales de pequeños núcleos en áreas rurales. Otra virtud, quizá muy importante en el caso de saneamiento autónomo de viviendas, hoteles, etcétera, es el valor estético de algunas macrofitas como el lirio amarillo. Los humedales de flujo vertical pueden ser una solución óptima para la depuración de aguas residuales con flujos discontinuos o intermitentes, como es el caso de segundas viviendas, escuelas e incluso reboses de alcantarillado unitario (Reyes, 2013).

2.5.4 TRATAMIENTO TERCIARIO

Los tratamientos terciarios desempeñan un papel fundamental en el cumplimiento de las normativas vigentes de los países, que cada vez son más exigentes con respecto al vertimiento de estas aguas debidamente procesadas, en los que los tratamientos primario y secundario, no sólo son suficientes para hacer que un vertido cumpla con las disposiciones de las normativas de las autoridades ambientales competentes, sino que, en varios casos, puede incrementar las concentraciones de algunos compuestos que hoy son vigilados (Lozano, 2012)

- **DESINFECCIÓN CON RADIACIÓN ULTRAVIOLETA**

Mediante el uso de radiación ultravioleta a una longitud de onda adecuada, se eliminan los microorganismos y agentes patógenos del agua dando como resultado un elevado nivel de desinfección. La desinfección es un paso fundamental en el tratamiento moderno del agua. La desinfección por UV está siendo generalizada, como un proceso de desinfección seguro, exento de productos químicos y eficaz. Proyectos de investigación extensivos y numerosos sistemas de funcionamiento libres de problemas, prueban la seguridad y la eficacia de la desinfección por ultravioleta. Con la desinfección UV, el agua a desinfectar es irradiada por una luz ultravioleta, la cual la mantiene pura físicamente, en un proceso de desinfección exento de productos químicos. La radiación UV-C en particular, con una longitud de onda entre 240 y 280 nm de rango, ataca directamente de manera vital el ADN de la bacteria. La radiación inicia una reacción fotoquímica y destruye información genética contenida en el ADN. La bacteria pierde su capacidad de reproducción y es destruida. Incluso parásitos como el Cryptosporidia y Giardia, los cuales son extremadamente resistentes los desinfectantes químicos, son reducidos de manera eficiente. El inicio de las reacciones fotoquímicas es utilizado en otras aplicaciones también. El cloro combinado no deseado en el agua de las piscinas es reducido por la radiación ultravioleta, y da como resultado ahorros importantes en renovación del agua de la piscina por la entrada de agua fresca. Oxidantes como el ozono o el cloro o el dióxido de cloro son reducidos en el agua de proceso utilizada en la industria de la alimentación y la bebida, evitando la necesidad de uso de filtros de carbón activo (HIDRITEC, 2014).

2.6 NORMATIVA AMBIENTAL VIGENTE DE DESCARGA A CUERPOS DE AGUA DULCE

2.6.1 CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR 2008

TITULO V: ORGANIZACIÓN TERRITORIAL DEL ESTADO

CAPÍTULO PRIMERO: PRINCIPIOS GENERALES

Art. 264.- Los gobiernos municipales tendrán las siguientes competencias exclusivas sin perjuicio de otras que determine la ley:

1. Prestar los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental y aquellos que establezca la ley (Constitución, 2008).

2.6.2 CÓDIGO ORGÁNICO DEL AMBIENTE

TITULO II: SISTEMA ÚNICO DE MANEJO AMBIENTAL

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

Art. 196.- Tratamiento de aguas residuales urbanas y rurales. Los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales deberán contar con la infraestructura técnica para la instalación de sistemas de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales urbanas y rurales, de conformidad con la ley y la normativa técnica expedida para el efecto. Asimismo, deberán fomentar el tratamiento de aguas residuales con fines de reutilización, siempre y cuando estas recuperen los niveles cualitativos y cuantitativos que exija la autoridad competente y no se afecte la salubridad pública (COA, 2017)

2.6.3 REGLAMENTO AL CÓDIGO ORGÁNICO DEL AMBIENTE

TITULO III: REGULACIÓN AMBIENTAL Y REGULARIZACIÓN

Art. 759. Descargas. - Se prohíbe la descarga de desechos a las playas, la franja adyacente de titularidad del Estado y el mar. No se podrán descargar aguas residuales operacionales que no cumplan lo establecido en las normas nacionales que regulan los límites permisibles de descarga, y los convenios internacionales.

Las aguas de lastre deberán ser descargadas tomándose como referencia lo establecido en el Convenio sobre la Gestión de Aguas de Lastre y Sedimentos (Reglamento, 2019)

2.6.4 CÓDIGO ORGÁNICO DE ORGANIZACIÓN TERRITORIAL, AUTONOMÍA Y DESCENTRALIZACIÓN.

TITULO III: GOBIERNOS AUTÓNOMOS DESCENTRALIZADOS

CAPÍTULO III: GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL

SECCIÓN PRIMERA: Naturaleza Jurídica, Sede y Funciones

Art. 55.- Competencias exclusivas del gobierno autónomo descentralizado municipal. - Los gobiernos autónomos descentralizados municipales tendrán las siguientes competencias exclusivas sin perjuicio de otras que determine la ley;

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

TITULO V: DESCENTRALIZACIÓN Y SISTEMA NACIONAL DE COMPETENCIAS

CAPÍTULO IV: DEL EJERCICIO DE LAS COMPETENCIAS CONSTITUCIONALES

Art. 136.- Ejercicio de las competencias de gestión ambiental.- De acuerdo con lo dispuesto en la Constitución, el ejercicio de la tutela estatal sobre el ambiente y la corresponsabilidad de la ciudadanía en su preservación, se articulará a través de un sistema nacional descentralizado de gestión ambiental, que tendrá a su cargo la defensoría del ambiente y la naturaleza a través de la gestión concurrente y subsidiaria de las competencias de este sector, con sujeción a las políticas, regulaciones técnicas y control de la autoridad ambiental nacional, de conformidad con lo dispuesto en la ley.

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

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

Art. 37.- El Departamento de agua potable y alcantarillado será responsable por el servicio a las ciudades, debiendo presentar un informe mensual sobre las actividades cumplidas,
tanto en administración como en operación, mantenimiento y ejecución de nuevas obras. Especial atención se dará en el informe al registro de consumos comparando los totales leídos en los medidores con el indicado por el totalizador de la ciudad.

Ordenanza que reglamenta el cobro de la tasa por el servicio de operación, administración y mantenimiento de alcantarillado en el cantón Mera.

Art. 1.- Objeto de la tasa. - Constituye objeto de esta tasa el servicio de operación, administración y mantenimiento del sistema de alcantarillado, constituido por tuberías y conductos subterráneos empleados para la evacuación de aguas residuales y aguas lluvias.

Art. 2.- Sujeto activo. - El sujeto activo de la tasa por el servicio de alcantarillado es la Municipalidad del Cantón Mera, dentro del ámbito de su jurisdicción.

Art. 3.- De los usuarios del servicio. - Son sujetos pasivos de esta tasa las personas naturales o jurídicas, sociedades de hecho como usuarios del servicio de alcantarillado dentro de los límites del cantón Mera.

2.6.6 NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES: RECURSO AGUA.
LIBRO VI ANEXO 1

Normativa anexo 1 del texto unificado de la legislación secundaria del ministerio del ambiente. Acuerdo ministerial 097-A. 23

Para la comparación de los componentes de la caracterización de las aguas residuales se basó en la normativa ambiental vigente del ecuador, la misma que se estableció los siguientes parámetros basados en la tabla (3) que se muestra a continuación:

Tabla 3 Limite de descarga a un cuerpo de agua dulce.

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible.
Acites y grasas	Sust. Solubles en hexano	mg/l	30,0
Alkil mercurio	--	mg/l	No detectable
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0.1
Bario	Ba	mg/l	2
Boro total	B	mg/l	2
Cadmio	Cd	mg/l	0.02
Cianuro total	CN	mg/l	0.1
Cinc	Zn	mg/l	5
Cloro activo	Cl	mg/l	0.5
Cloroformo	Ext. Carbón cloroformo ECC	mg/l	0.1
Cloruros	Cl	mg/l	1000
Cobre	Cu	mg/l	1
Cobalto	Co	mg/l	0.5
Coliformes fecales	NMP	NMP/100 ml	2000

Color real	Color real	Unidades de color	*Inapreciable en dilución: 1/20
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0.2
Cromo hexavalente	Cr^{+6}	mg/l	0.5
DBO (5 días)	DBO_5	mg/l	100
DQO	DQO	mg/l	200
Estaño	Sn	mg/l	5
Floruros	F	mg/l	5
Fosforo total	P	mg/l	10
Hierro total	Fe	mg/l	10
Hidrocarburos totales de Petróleo	TPH	mg/l	20
Manganeso total	Mn	mg/l	2
Materia flotante	Visibles	--	Ausencia
Mercurio total	Hg	mg/l	0.005
Niquel	Ni	mg/l	2
Nitrógeno amoniacal	N	mg/l	30
Nitrógeno total Kjedahl	N	mg/l	50
Compuestos organoclorados	Organoclorados totales	mg/l	0.05
Compuestos organofosforados	Organofosforados totales	mg/l	0.1
Plata	Ag	mg/l	0.1
Plomo	Pb	mg/l	0.2
Potencial de hidrogeno	Ph	--	6 – 9
Selenio	Se	mg/l	0.1
Solidos suspendidos totales	SST	mg/l	130
Solidos totales	ST	mg/l	1600
Sulfatos	SO_4^{-2}	mg/l	1000
Sulfuros	S^{-2}	mg/l	0,5
Temperatura	°C	--	Condición natural ± 3
Tensoactivos	Activas al azul de metileno	mg/l	0.5
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1

Fuente: (TULSMA, NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES : RECURSO AGUA, 2015)**.**

CAPITULO III

3.METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.

3.1 Localización.

El barrio Nuevo Milenium se ubica en la parroquia Shell, cantón Mera de la Provincia de Pastaza, a 806 metros de la vía perimetral que une a Puyo y Shell entrando a la vía Shell-Madre Tierra, el bario cuenta con 12 hectáreas de terreno a los dos lados de la vía principal, cerca del complejo de diversiones “Brisas del Pastaza”.

Figura 1 Mapa de ubicación del barrio nuevo Milenium.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2 Mapa de ubicación.



Fuente: Elaboración propia.

3.2 Tipo o Diseño de investigación.

Descriptivo – Cuantitativo; se especifica las propiedades y las características importantes, existe varia bibliografía sobre este tema y estudios empíricos, se utiliza varios estudios comparativos con tesis referenciales y cercanas al área de estudio. Dentro de este diseño de investigación se revalúan dos o más variables de manera empírica utilizando instrumentos estandarizados como la observación, cuestionarios, estadísticas, fichas de registro, entre otra información que fue recopilada anteriormente, mediante Data Secundaria y se realiza un análisis cuantitativo utilizando estadística de finanzas, análisis e interpretaciones con referencias bibliográficas.

3.3 Métodos de investigación

Tabla 4 Métodos de Investigación.

OBJETIVOS:	MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN:
Diagnóstico de la condición socioambiental del barrio Nuevo Milenium.	Revisión bibliográfica de documentos oficiales: - PDOT GAD Municipal de Mera. - Consultas al personal del GAD Municipal de Mera. (Data Secundaria) - Entrevistas al personal del GAD Municipal de Mera. (Data Secundaria) - Encuestas a pobladores del barrio Nuevo Milenium. (Data secundaria.)
Alternativas de tratamiento de aguas residuales domesticas que se pueden aplicar en el barrio Nuevo Milenium.	- Revisión bibliográfica. - Consulta a profesionales del GAD municipal Mera. (Data Secundaria) - Consulta a profesionales y expertos en el tema de aguas residuales domésticas. (Data Secundaria)
Diseño de las etapas de tratamiento aplicables en el barrio Nuevo Milenium.	Revisión bibliográfica de documentos oficiales. Tesis referenciales.

Fuente: Elaboración propia

3.3.1 MÉTODO PARA EL OBJETIVO 1

Para diagnosticar la condición socioambiental del barrio Nuevo Milenium se realizó la búsqueda de información primaria y secundaria.

En la información primaria se utilizó la técnica de la encuesta mixta, para los moradores del sector, en la que se desarrollaron 5 preguntas de opción múltiple y descriptiva se encuentra en el Anexo 1, además se realizó una inspección mediante observación directa y registro fotográfico del sitio de estudio y se llevó a cabo una entrevista directa con los funcionarios del GAD Municipal del cantón Mera para la solicitud de la documentación respectiva.

En la información secundaria se desarrolló la revisión bibliográfica tanto del PDOT 2020-2025 actualizado del cantón Mera, así como también del INEC 2010 para la obtención de datos que se detallan a continuación:

- Clima.
- Pluviosidad
- Tamaño de la población.
- Nivel socioeconómico.
- Estabilidad geológica.
- Dirección del viento.
- Consideraciones ambientales.

Dentro de la búsqueda de información bibliográfica se detalló las características del agua residual domestica mediante una comparación de parámetros de distintos autores, este apartado comprende información bibliográfica cercana a la zona de estudio. Dentro de la información que se planteó están los autores (METCALF & EDDY, 1995) con el trabajo investigativo titulado INGENIERÍA DE AGUAS RESIDUALES TRATAMIENTO,VERTIDO Y REUTILIZACIONES , (Romero Rojas, 2010) con el trabajo titulado TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES: TEORÍA Y PRINCIPIOS DE DISEÑO y (Valle Pazmiño, 2016) con el trabajo titulado EVALUACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS EN EL AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA DE LA CIUDAD DE QUITO.

Se desarrolló por medio de una matriz comparativa (tabla 11) de los autores en la que consta dos partes: la columna definiendo los parámetros y en filas los autores de las tesis, finalmente se alcanzó un promedio de las comparaciones, obteniendo un dato referencial de estudio.

- ***TAMAÑO DE LA POBLACIÓN***
- ***CALCULO DE LA POBLACIÓN ACTUAL***

- POBLACIÓN ACTUAL

Para el presente trabajo el dato de la población actual se lo obtuvo mediante las encuestas y a su vez charlas con los moradores y la directiva del Barrio.

- ***CÁLCULO DE LA POBLACIÓN FUTURA***

La población futura se estima al analizar las características sociales, culturales y económicas de los habitantes de la localidad en el pasado y el presente, para hacer

predicciones en el futuro. Para el cálculo de la población futura se utilizará el método geométrico.

- **MÉTODO GEOMÉTRICO.**

Útil en poblaciones que muestren una importante actividad económica, que genera un apreciable desarrollo y que poseen importantes áreas de expansión las cuales pueden ser dotadas de servicios públicos sin mayores dificultades. r =a tasa de crecimiento anual en forma decimal (Meneses, 2017).

$$P_f = P_i(1 + r)^t \tag{1}$$

Donde:

P_f= Población calculada al final del periodo de diseño.

P_i= Población actual.

r =Tasa de crecimiento poblacional.

t= Periodo de vida útil del proyecto.

3.3.2 MÉTODO PARA EL OBJETIVO 2

Para el debido cumplimiento del objetivo dos, se realizó revisión bibliográfica profunda de los posibles tratamientos para posteriormente trabajarlo en el objetivo tres. Esta revisión bibliográfica se basó en la etapa del tratamiento secundario.

3.3.2.1 SELECCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

Con el propósito de darle una solución a las aguas residuales generadas por los habitantes del barrio Nuevo Milenium del cantón Mera y en base a ciertos factores y parámetros que se deben considerar para el funcionamiento de los distintos tratamientos escogidos se tomó en cuenta varios criterios de selección, se describió los criterios de evaluación junto con un rango de calificaciones y se realizó una matriz (tabla 12) para el escogimiento de la alternativa, mediante la más alta ponderación de la matriz.

3.3.2.2 CRITERIO DE SELECCIÓN

A continuación, se establecen seis criterios de selección con el fin de evaluar la alternativa al sistema de tratamiento secundario de aguas residuales más idónea en base a la jerarquía según los valores de calificación arrojados.

Eficiencia de remoción (C1)

La eficiencia de remoción es uno de los criterios que tiene mayor importancia dentro sistema de tratamiento de aguas residuales, puesto que el objetivo es que la planta cumpla los 30 parámetros permisibles de descarga a los cuerpos de agua dulce y de esta manera evitar impactos ambientales una vez que se ha realizado la descarga del efluente tratado, teniendo en cuenta que el porcentaje de remoción de carga orgánica este entre un 85%, y de esta manera contribuir con el correcto funcionamiento de los siguiente procesos (Ministerio, 2019).

Costos de inversión (C2)

Tener en cuenta que la alternativa que se aplique no requiera de grandes cantidades de recursos económicos y que el tipo de material con el que se va a trabajar sea resistente y duradero (ESPINOZA, 2009).

Mantenimiento (C3)

Hay que considerar que la alternativa de tratamiento no requiera mantenimientos estrictos para el control y funcionamiento del proceso, teniendo en cuenta que la detención del proceso daría
paso a problemas secundarios como es el caso de la generación de malos olores, provocando
incomodidades a la población y por otra parte estos inconvenientes generan gastos adicionales como, por ejemplo, gastos en repuestos y el requerimiento de personal calificado
para la reactivación del proceso (Erick Salambay, 2019).

Espacio (C4)

Analizar la alternativa que no requiera de un área extensa y se ajuste al espacio disponible con el que cuenta el Barrio, esto también va a depender de la cantidad de agua residual que genera la misma diariamente al sistema, teniendo en cuenta así mismo el caudal de infiltración y de conexiones erradas (Inca, 2019).

Operatividad (C5)

El fin de este criterio es el de buscar la mejor alternativa que pueda darle al sistema un óptimo funcionamiento de la manera más sencilla y que no requiera de varias personas o de personas altamente capacitadas para lograr un efectivo proceso (Erick Salambay, 2019).

Consumo energético (C6)

Para la puesta en marcha de la alternativa de tratamiento se debe tener que el consumo energético no sea muy elevado, para de esta manera disminuir gastos de operación y mantenimiento del sistema de tratamiento de aguas residuales dentro del Barrio (Inca, 2019).

3.3.2.3 RANGO DE CALIFICACIONES

Para determinar el rango de calificaciones de cada uno de los criterios de selección y sus alternativas, es por ello que se consultó con el experto y docente tutor Pedro Peñafiel y con su guía se estableció la siguiente tabla para su respectiva calificación (tabla 5).

Tabla 5 Escala de valores por el método de matrices de priorización.

DEFINICIÓN	VALOR
Condición más negativa	0,1
Condición intermedia	0,5
Condición más favorable	1

Fuente: MsC. Pedro Peñafiel.

- ***CONSTRUCCIÓN DE LA MATRIZ***

En base a la calificación de todos los criterios de selección de cada una de las alternativas de tratamiento, se construyó la matriz en la cual se dará a conocer en las columnas los criterios de selección y en filas se colocará las alternativas, para posteriormente realizar la suma total de cada una y finalmente escoger la alternativa que presentará mayor calificación para proceder a su dimensionamiento (tabla 6).

Tabla 6 Matriz de selección de alternativa

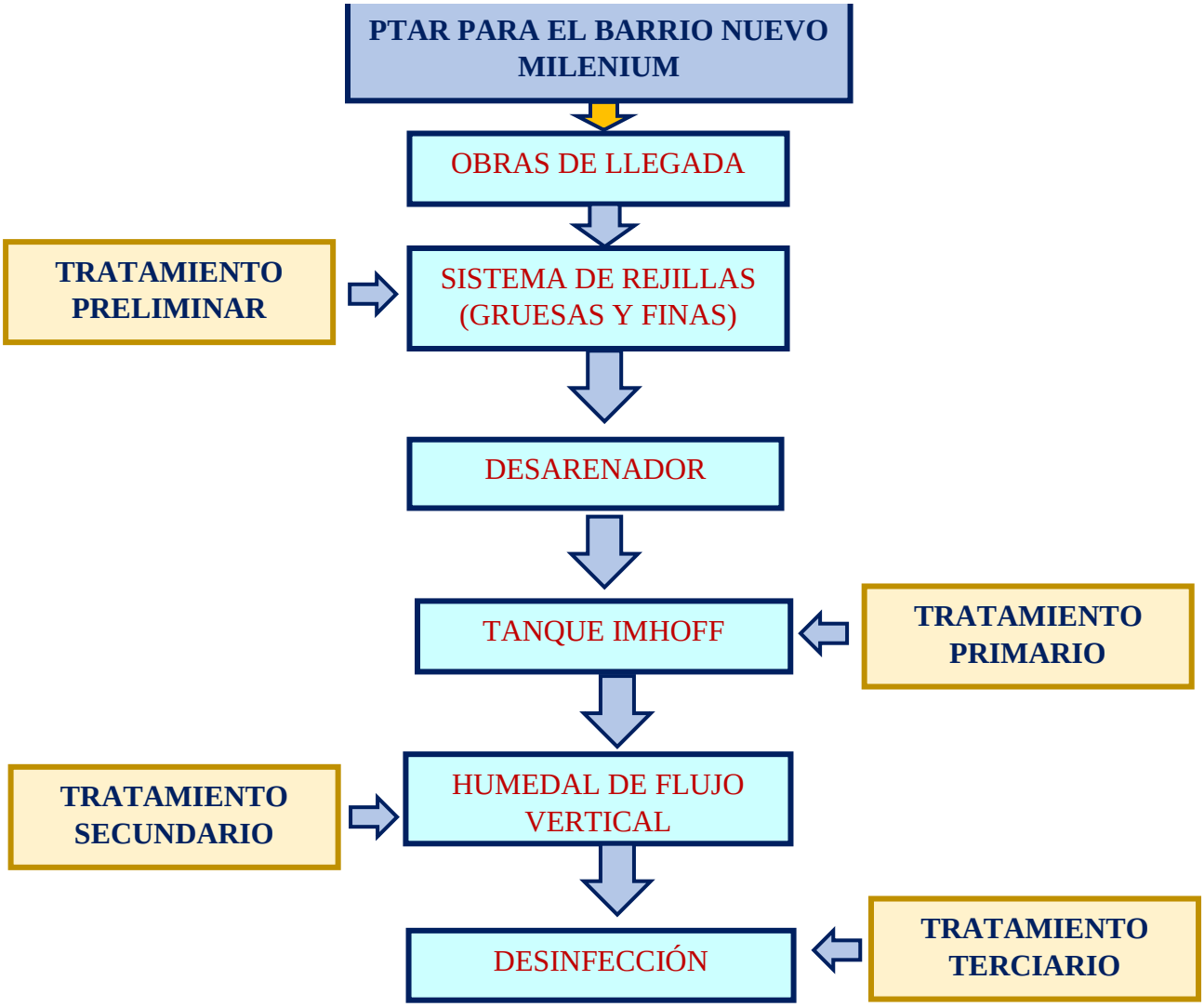
	Remoción de carga orgánica C1	**Costos de inversión C2**	**Costos de mantenimiento C3**	**Espacio C4**	**Complejidad de operación C5**	**Consumo energético C6**	**Total**
A1							
A2							
A3							

Fuente: Elaboración propia.

3.3.3 MÉTODO PARA EL OBJETIVO 3

Para el cumplimiento del objetivo específico tres se diseñó: Obras de llegada, pretratamiento, tratamiento primario, tratamiento secundario y tratamiento terciario, teniendo como base diferentes fuentes bibliográficas y metodológicas que se aplican en varias regiones y países; se pretendió diseñar mediante los parámetros establecidos y la normativa vigente.

Figura 3 . Esquema de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para el barrio Nuevo Milenium



Fuente: Elaboración propria

3..3.3.1 CAUDALES

Las ecuaciones que se utilizó para este diseño de caudales se obtuvieron de Lozano (2012).

- CAUDAL MEDIO DIARIO

Este caudal hace referencia al caudal total que ingresa al tratamiento en las 24 horas diarias, y se obtiene de la suma del caudal doméstico, más el caudal de infiltración y las conexiones erradas. Se elimina el caudal industrial ya que se está trabajando en una zona doméstica.

$$Q_{md} = Q_{dom} + Q_{inf} + Q_{c.err} \tag{2}$$

Donde:

Qdom= Caudal domestico

Qinf= Caudal Infiltración.

Qc.err= Conexiones erradas

3.3.3.2 CAUDAL DOMÉSTICO

Este caudal se medirá a partir de la dotación de agua actual, tomando en cuenta la población y la cantidad de agua que retorna al tratamiento diario.

$$Q_{dom} = \frac{Dotación * P * C_R}{86400} \tag{3}$$

Donde:

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

D= Dotación de agua potable consumida por habitantes y por día (L/ hab*día)

P= Número de habitantes.

CR= Coeficiente de retorno sanitario (entre 0.70 y 0.85, usualmente 0.80)

3.3.3.3 CAUDAL DE INFILTRACIÓN

Este caudal está presente en el alcantarillado y de ahí depende los factores como: el cuidado de la construcción del sistema, el tipo de suelo, la altura del nivel freático, la parte de los conductores que puedan quedar sumergidos en el agua. Para su cálculo se utilizará la siguiente ecuación:

$$Q_{inf} = 0.3 \frac{\frac{l}{s}}{ha} * A \quad (4)$$

Donde:

Qinf= Caudal de infiltración.

A= Área del proyecto (ha).

3.3.3.4 CONEXIONES ERRADAS

Es un valor necesario para calcular el caudal doméstico, se utiliza un valor correspondiente a 0.2 L/s el cual hace referencia al agua lluvia que ingresa al sistema de alcantarillado por lo que existen malas conexiones (Lozano, 2012).

$$Q_{c.err} = \frac{0.2l}{s * ha} * A \quad (5)$$

3.3.3.5 CAUDAL MÍNIMO

Es la cantidad mínima de agua residual que puede ingresar a la planta de tratamiento (Lozano, 2012). Para la determinación del caudal mínimo de diseño se basó de acuerdo con el tamaño de la población que corresponde a <20.000 h-eq, que esta expresado en la siguiente ecuación:

$$Q_{min} = 0.30 * Q_{med} \quad (6)$$

3.3.3.6 CAUDAL EN PUNTA

Para la determinación del caudal punta se utiliza la siguiente ecuación. Se calcula en base al tamaño de la población, el cual dice que para poblaciones menores a 20.000 h-eq se multiplica el valor establecido por Lozano (2012), es decir se multiplica 5 por el caudal medio que aportan los hogares durante todo el día, representado de la siguiente manera.

$$Q_p = 5 * Qmed \quad (7)$$

3.3.4 OBRAS DE LLEGADA

El ingreso de las aguas para su posterior tratamiento fue a un canal de entrada, el cual es de manera rectangular, dentro de este canal se encuentra el sistema de rejillas las que

separan los sólidos gruesos del agua para posteriormente pasar al sistema de depuración. Para diseñar este canal se tomó datos propuestos por García & Corzo (2008), siendo así un ancho de 0,9 m y una altura de 0,50 m.

Tabla 7 Valores recomendados de los parámetros necesarios para el diseño de un canal de desbaste y sus respectivas rejas.

Características	Rejas de gruesos	Rejas 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	30-45
Velocidad de aproximación (m/s)	0,3-0,6	0,3-0,6
Pérdida de carga admisible (m)	0,15	0,15

Fuente: (Garcia & Corzo, 2008).

3.3.6.1 ANCHO ÚTIL DE PASO

Después de calcular el canal de ingreso de las aguas residuales, se calculó el ancho útil de paso según las ecuaciones propuestas por García & Corzo (2008).

$$W_u = (Ac - n * Ab) * \left(1 - \frac{G}{100}\right) \quad (8)$$

Dónde:

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%

3.3.4.1 PROFUNDIDAD

Para el cálculo de la profundidad se tomó el valor del caudal máximo, con una velocidad de aproximación de 0,3 m/s como lo propone García & Corzo (2008).

$$h = \frac{Q}{v} * \frac{1}{Wu} \quad (9)$$

Dónde:

h: profundidad en m

Q: caudal máximo en m^3/s

v: velocidad de aproximación en m/s

- **LARGO**

En el cálculo del largo de canal se tomará el valor propuesto por García & Corzo (2008) para el tiempo de retención con un valor de 0,5 s, aplicando la ecuación.

$$L = TH * v \quad (10)$$

Dónde:

L: largo del canal en m

TH: tiempo de retención en s

v: velocidad de aproximación del agua en m/s

3.3.5 TRATAMIENTO PRELIMINAR O PRE-TRATAMIENTO

En este trabajo de investigación se utilizaron las Rejas, que son formadas por barras de hierro de manera vertical, instaladas en las aberturas o canales por donde el agua circulará ocupando toda el área de los pasajes de escurrimiento. Para el diseño de las rejas nos basamos en ecuaciones de Lozano (2012).

3.3.5.1. DISEÑO DE REJAS

- **NÚMERO DE BARROTES**

Para determinar la cantidad de barrotes se aplica la siguiente ecuación propuesta por Lozano (2012).

$$N = \frac{B_R - L}{b + L} \quad (11)$$

Dónde:

N= Número de barrotes

B_R= Ancho del canal en la zona de la rejilla

L= Luz o espacio entre barrotes

b= Ancho de los barrotes

- **DESARENADOR**

En el proceso del desarenador se eliminaron arenas, gravas, partículas y elementos orgánicos. Para su dimensionamiento se utilizaron las ecuaciones de García & Corzo (2008) y Lozano (2012).

Tabla 8 Valores recomendados de los parámetros necesarios para el dimensionamiento de desarenadores.

PARÁMETRO	VALOR	
	INTERVALO	**VALOR**
Carga Hidráulica	>70m3/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: (Garcia & Corzo, 2008).

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 (2012), el cual expresa que este tipo de partículas se encuentran en aguas residuales domésticas.

- VELOCIDAD DE FLUJO

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

- 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 (2008), en el cálculo de la longitud se utilizó la ecuación:

$$L = Ac * relación\ largo - ancho \tag{12}$$

Dónde:

L: longitud del desarenador en m

Ac: ancho del canal en m Relación larga – ancho 2 m

- 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:

$$A = \frac{Q}{V} \tag{13}$$

Dónde:

A: área útil en m^2

Q: caudal máximo diario en m^3/s

V: velocidad del flujo en m/s

- PROFUNDIDAD

Para determinar la profundidad del desarenador se utilizó la ecuación.

$$h = \frac{A}{Ac} \tag{14}$$

Dónde:

h: profundidad del desarenador en m

Ac: ancho del canal en m

A: área útil en m^2

- CARGA SUPERFICIAL

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

$$Cs = \frac{Qmax}{L * Ac} \quad (15)$$

Dónde:

Cs: carga superficial

Qmax: caudal máximo en m^3/h

L: longitud del desarenador en m

Ac: ancho del canal en m

3.3.6. TRATAMIENTO PRIMARIO

3.3.6.1 TANQUE IMHOFF

También conocido como tanque decantador-digestor, se puede considerar como una modificación de la fosa séptica convencional, en la que están separadas las zonas de decantación y de digestión, una encima de la otra. Los sólidos que sedimentan pasan hacia la zona de digestión a través de unas ranuras existentes en el fondo del compartimento superior. Una vez en la zona de digestión, los lodos son digeridos a temperatura ambiente durante un periodo de 6 meses en zonas cálidas y un mínimo de un año en zonas templadas o frías. En el taque Imhoff se mejora la sedimentación de los sólidos respecto a las fosas al evitar que las burbujas de gases formados durante la digestión los arrastren hacia la superficie. Las burbujas circulan por el exterior de las paredes de la zona de decantación hasta alcanzar la superficie del agua en los laterales o el centro. La aparición de espumas en la superficie de decantación es indicativa de un mal funcionamiento del sistema.

La selección de la geometría del tanque (circular, cuadrada o rectangular) está influenciada por el número de habitantes servidos. Para 500 hab-eq o menos se suelen hacer tanques de planta circular, cuadrada o rectangular con un solo punto de recogida de

fangos, mientras que para valores mayores de habitantes se utilizan tanques rectangulares con dos o más puntos de recogida según el tamaño, se puede apreciar en la figura 4. De igual manera el tanque Imhoff tiene valores recomendados de los parámetros de dimensionamiento y se pueden observar en la tabla 9, estos valores fueron propuestos por García & Corzo (2008).

Figura 4 Esquema de la sección de un tanque Imhoff.

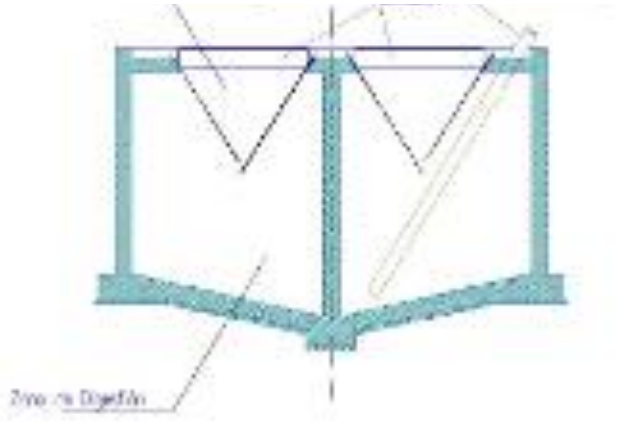


Tabla 9 Valores recomendados de los parámetros de dimensionamiento de un tanque Imhoff.

Parámetro	Unidades	Rango	Valor usual
	Zona de decantación		
Carga hidráulica supercial punta diaria	$m^3/m^2.d$	24-40	32
Tiempo de retención a Qmed	h	2-4	3
Tiempo de retención a Qpunta horario	h	-	1
Velocidad horizontal punta horaria	m/min	-	<0,3
Relación longitud/ancho	-	2/1-5/1	3/1
Pendiente de la cámara de decantación	-	1,25:1,0-1,75:1,0	1,5:1,0
Obertura inferior	m	0,15-0,3	0,25
Pestaña inferior	m	0,15-0,3	0,25
Deflector debajo de la superficie	m	0,25-0,4	0,3
Deflector encima de la superficie	m	0,3	0,3
Resguardo	m	0,45-0,6	0,6
	Zona de escape de gases		
Área (% de la superficie total)	%	15-30	20

Anchura (a)	m	0,45-0,75	60
	Zona de digestión		
Tiempo de digestión	años	0,5-1,5	1,0
Tasa de emisión unitaria de lodos	L/hab. año	100-200	140
Tubería de extracción de lodos	m	0,2-0,3	0,25
Distancia libre hasta el nivel del lodo	m	0,3-0,9	0,60
Profundidad total del agua en el tanque (desde la superficie hasta el fondo).	m	7-9	9

a. La abertura mínima debe ser de 0,45 m para permitir el acceso

Fuente: (Garcia & Corzo, 2008)

- **TANQUE IMHOFF RECTANGULAR**

El diseño de tanques Imhoff considera por separado las zonas de decantación y de digestión. La superficie del tanque viene determinada por la zona de decantación:

$$\boldsymbol{S = \frac{Q_{punta,d}}{L_{Hputa,d}}} \qquad (16)$$

Siendo,

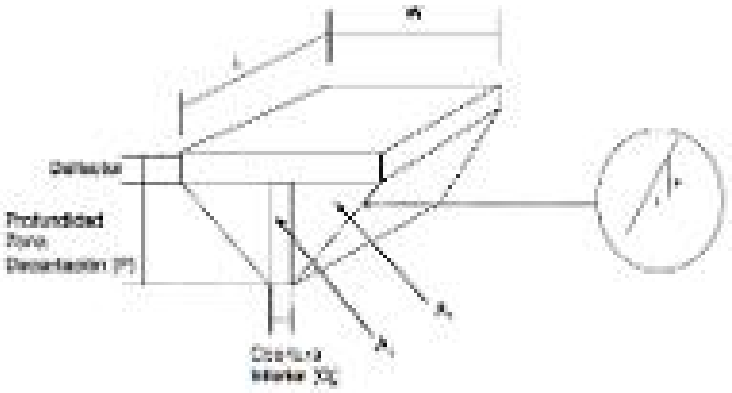
$\boldsymbol{S}$: la superficie de la zona de decantación, en m^2,

$\boldsymbol{Q_{punta,d}}$: la caudal punta diario, en m^3 /h,

$\boldsymbol{L_{Hputa,d}}$: la carga hidráulica superficial punta diaria, en m^3 /m^2 ·h,

A partir del cálculo anterior y tomando una relación longitud/ancho, se calculan las dimensiones de la superficie de decantación, longitud (L) y ancho (W). La determinación de la profundidad de la zona de decantación se basa en la geometría de un prisma de longitud igual a la calculada, una altura del deflector establecida, y una base de forma triangular, igual a la de la Figura 5.

Figura 5 Esquema de la zona de decantación de un tanque Imhoff rectangular



- Profundidad

$$P = \left[\frac{W - O_i}{2}\right].p \tag{17}$$

- Superficies A_1 y A_e

$$A_1 = [(W - O_i)/2\,].p/2 \tag{18}$$

$$A_e = O_i.P \tag{19}$$

$$A_t = 2.A_1 + A_e \tag{20}$$

Siendo,

P:la profundidad de la zona de decantación, en m.

Oi: la longitud de la obertura inferior, en m.

p: la pendiente de la zona de decantación, en m/m.

A1, Ae y At la superficie del triángulo, rectángulo y la total, en m.

- Volumen de decantación:

$$V_{dec=}\left(h_{deflector}\,.S\right) + (A_t.L) \tag{21}$$

Siendo,

V_{dec}: el volumen de la zona de decantación, en m3.

$h_{deflector}$:la altura de la zona sumergida del deflector, en m.

- Comprobaciones:

$$\boldsymbol{V_{puntah}=\frac{Q_{puntah}}{A_t \times 60} < 0{,}3} \tag{22}$$

$$\boldsymbol{2 > T_H = \frac{V_{dec} \times 24}{Q} < 4} \tag{23}$$

Siendo,

V_{puntah} : la velocidad horizontal punta horaria, en m/min.

Q_{puntah} : la caudal punta horario, en m^3 /h.

T_H : el tiempo de retención medio, en h.

Q: el caudal medio, en m^3 /día.

- Superficie total del tanque,

$$\boldsymbol{S_t = \left(1 + \%S_{gas}\right).S_{dec}} \tag{24}$$

Siendo,

$\boldsymbol{S_t}$**:** la superficie total del tanque, en m^2.

$\%\boldsymbol{S_{gas}}$**:** porcentaje de la superficie de la zona de escape de gases respecto la superficie total, en tanto por uno.

$\boldsymbol{S_{dec}}$**:** la superficie de la zona de decantación, en m^2.

- Ancho total:

$$\boldsymbol{W_t = W_{dec} + W_{gas}} \tag{25}$$

$$\boldsymbol{L_t = \frac{S_t}{W_t}} \tag{26}$$

Siendo,

$\boldsymbol{W_t}$**:** el ancho total del tanque, en m.

$\boldsymbol{W_{dec}}$**:** el ancho de la zona de decantación, en m.

$\boldsymbol{W_{gas}}$**:** el ancho de la zona de escape de gases, en m.

$\boldsymbol{L_t}$**:** la longitud total del tanque, en m.

$\boldsymbol{L_t}$**:** superficie total del tanque.

- Volumen necesario para almacenar los lodos:

$$\boldsymbol{V_{lodos} = \frac{VEU.T_d.N}{1000}} \quad (27)$$

Siendo,

$\boldsymbol{V_{lodos}}$: el volumen ocupado por los lodos, en m^3

$\boldsymbol{VEU}$: la velocidad de emisión unitaria de lodos, en L/hab. año.

$\boldsymbol{T_d}$**:** el tiempo de digestión, en años.

$\boldsymbol{N}$: el número de habitantes.

Altura del fondo de forma piramidal:

$$h_3 = \left(\frac{\frac{L_t}{n}}{2}\right) * \tan \propto \quad (28)$$

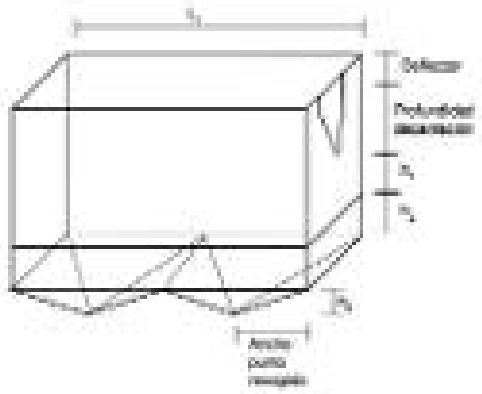
Siendo,

$\boldsymbol{h_3}$**:** la altura del fondo (en la zona piramidal), en m.

n: el número de puntos de recogida de lodos.

$\propto$**:** la inclinación de las paredes del fondo.

Figura 6 Esquema de un tanque Imhoff rectangular con dos puntos de recogida de lodos. No se representa el resguardo.



- Volumen necesario para almacenar los lodos:

$$\boldsymbol{V_{lodos} = (h_2 \times L_t \times W_t) + \left(\frac{1}{3} \times L_t \times W_t \times h_3\right)} \quad (29)$$

Siendo,

$\boldsymbol{V_{lodos}}$**:** el volumen necesario para almacenar los lodos, en m^3

$\boldsymbol{h_2}$**:** la altura ocupada por los lodos (sin tener en cuenta la altura del fondo, h3), en m.

Despejando $\boldsymbol{h_2}$:

$$\boldsymbol{h_2 = \frac{V_{lodos}\left(\frac{1}{3} \times L_t \times W_t \times h_3\right)}{(L_t \times W_t)}} \quad (30)$$

Profundidad total

$$\boldsymbol{h_t = h_{resguardo} + h_{deflector} + P + h_1 + h_2 + h_3} \quad (31)$$

Volumen del tanque:

$$\boldsymbol{V = V_{resguardo} + V_{dec} + V_{lodos} + [h_1 . L_t . W_t]} \quad (32)$$

Siendo,

$\boldsymbol{h_t}$**:** la profundidad total, en m.

$\boldsymbol{h_{resguardo}}$: la profundidad de la zona de resguardo, en m.

$\boldsymbol{h_1}$**:** la distancia entre la obertura inferior y la superficie del lodo acumulado.

$\boldsymbol{V}$: el volumen total del tanque, en m^3.

$\boldsymbol{V_{resguardo}}$**:** el volumen correspondiente al resguardo, en m^3.

3.3.7 TRATAMIENTO SECUNDARIO

3.3.7.1 HUMEDAL SUBSUPERFICIAL DE FLUJO VERTICAL

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 10, según Salás Rodríguez (2020), en una de sus conferencias trata sobre el dimensionamiento de los Humedales Subsuperficiales Verticales, 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.

Tabla 10 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: (Salás Rodriguez, 2020)

- ÁREA SUPERFICIAL

$$\boldsymbol{As = 1,5m^2 \times Pf} \quad (33)$$

3.3.7.2 VEGETACIÓN

Para terminar el tratamiento terciario es muy importante la parte de la vegetación. El cual las siguientes especies de plantas; carrizo (Phragmites), la espadaña (Typha) y Totora (Scirpus californicus) (Garcia & Corzo, 2008). Son de muy de mucha importancia porque al momento que se enraízan son las que ayudan a la eliminación de bacterias, de varios coliformes al momento de absorber. Las plantas son organismos foto autótrofos, esto quiere decir que recogen energía solar para transformar el carbono inorgánico en carbono orgánico.

3.3.7.3 MÉTODO DE DESINFECCIÓN

El método de desinfección quiere eliminar a los organismos patógenos que se encuentran en el agua. Algunos microorganismos dañinos en los sistemas de almacenamiento y distribución de agua pueden ser virus, bacterias y protozoarios. La reducción de estos se puede lograr por medio de filtración o por inactivación. El proceso de filtración consiste en una barrera física (generalmente una membrana) que no permite el paso de

microorganismos al efluente; mientras que, en la inactivación, los microorganismos se transforman (se altera su mecanismo reproductivo) de manera que ya no puedan causar enfermedades. Para asegurar la integridad microbiológica del agua en la red de distribución, es necesario la adición de un residual del agente desinfectante (Eduardo, 2020).

- **RADIACIÓN ULTRAVIOLETA**

Este método o sistema de desinfección para el tratamiento terciario se ha determinado junto con mi compañera por ver que la luz ultravioleta proporciona una inactividad rápida y eficiente de los microorganismos como bacterias, virus, protozoos, mediante un proceso físico, esta es una luz invisible a los ojos humano, la luz UV tiene como características que es un intervalo específico de sus longitudes de onda, el comportamiento entre 200 y los 300 nanómetros se clasifica como germicida (Abad, 2016).

Como ventaja de la desinfección por (UV) tenemos que no existe ningún efecto residual que pueda afectar a los seres humanos o cualquier organismo acuático, es de uso fácil para los operadores y tiene un período de contacto más corto en comparación con otros desinfectantes (aproximadamente de 20 a 30 segundos con la utilización de las lámparas de baja presión) (Toledo, 2020).

Cabe señalar que para la obtención de los resultados se contó con la ayuda de la empresa ALQUISER – Servicios Ambientales.

3.4 ANÁLISIS TÉCNICO-ECONÓMICO

Ya que se estableció los procesos que se van utilizar para el tratamiento del agua residual del barrio, se procede a hacer un inventario de los costos para comenzar a implementar la planta de tratamiento se menciona que, no es una metodología concreta ya que se deberá realizar consultas o cotizaciones de cada uno de los implementos que se necesitó para la construcción; sin embargo para una mejor comprensión del tema de costos se consultó con un ingeniero civil especializado en el diseño de sistemas de planta de tratamientos, y con su información realizar la matriz de costos totales (tabla 26), adicionalmente se consultó a la empresa ALQUISER el valor de las lámparas (tabla 25).

3.5 TRATAMIENTO DE DATOS:

- **Arc GIS:** Se diseñó los mapas de ubicación del barrio Nuevo Milenium.

- **Excel:** se realizaron los cálculos y tabulación de encuestas.

- AutoCAD: Se realizó el diseño de la PTAR, con las medidas y dimensiones establecidas en los resultados del capítulo tres.

Cabe mencionar que se tiene las licencias de los programas en los que se trabajaron.

CAPITULO IV

4. RESULTADOS.

4.1 RESULTADOS OBJETIVO 1

4.1.1 CLIMA

En esta zona se presenta temperaturas que fluctúan entre los 12°C a 22°C, al ser un bosque siempre verde montano bajo existen precipitaciones fuertes (PDOT, 2015).

4.1.2 PLUVIOSIDAD

La región en la que se ubica el cantón Mera es una de las zonas más altas en pluviosidad del país, con una pluviosidad media de 463,1 mm/ mes. Llega a cantidades mayores de los 4.000 mm anuales, hasta 4222.7 mm/anuales (PDOT, 2015).

4.1.3 TAMAÑO DE LA POBLACIÓN

- Población futura:
- Método geométrico

Tasa de crecimiento:

$$r = \left(\frac{P_{uc}}{P_{ci}})^{\frac{1}{t}} - 1\right) \quad (34)$$

Donde:

P_{uc} = 1521 hab

P_{ci} = 1066 hab

T_{uc} = 2010

T_{ci} = 2001

t = 9 años

$$r = (\left(\frac{1521}{1066}\right)^{\frac{1}{9}} - 1\right)$$

$$r = 0.040$$

Población futura:

$$P_f = P_i(1 + r)^t \quad (35)$$

Donde:

P_i= 520 habitantes

r = 0.04

t= 15 años

$$P_f = 520(1 + 0.04)^{15}$$

$$P_f = 936.5\ hab \approx 937\ hab$$

4.1.4 NIVEL SOCIOEONÓMICO.

La población del sitio de estudio tiene un nivel socioeconómico de estrato medio – bajo, debido al bajo índice de escolaridad.

4.1.5 ESTABILIDAD GEOLÓGICA

El Cantón Mera cuenta principalmente con dos formaciones geológicas a lo largo de todo su territorio, cuyos materiales son de textura granular, muchas veces son acuíferos, que almacenan y trasmiten en buena forma las líneas de flujo hídrico, el 90% de las poblaciones se encuentran en una estructura litológica principalmente conformada por areniscas y cuarcitas (Mera, 2020, pág. 68).

Formación Mera: tiene permeabilidad media, forman acuíferos locales a discontinuos de bajo rendimiento; es una formación de ambiente continental, constituida por terrazas jóvenes de pie de monte oriental. Predominan tobas arenosas y arcillas con horizontes de conglomerados gruesos con estratificación cruzada de tipo torrencial (Mera, 2020, pág. 68).

Formación Chambira: son formaciones areniscas grises y marrones, de grano medio a grueso, en estratos gruesos a medianos con contenido de materia orgánica. Intercalaciones de limo-arcillitas con areniscas grises, en estratos gruesos a medianos. Esta formación recubre la formación Arajuno que está constituida por cerca de 1.500 metros conglomerados azoicos y arenisca, contando con una serie cada vez más gruesa hacia la parte superior, lo que se traduce en una acentuación de la tectónica en las zonas andinas y el cabalgamiento hacia el este de la Cordillera Oriental. Además, esta formación se encuentra deformada por la primera tectónica cenozoica que afecta la zona sub-andina (pliegues con grandes radios de curvatura, fallas inversas). Siendo la edad de esta tectónica bastante imprecisa, la formación Chambira, no fechada, recubre el Mioceno superior y está recubierta en discordancia por una serie de terrazas aluviales de la formación Rotuno, que también se encuentra deformada (Mera, 2020, pág. 69).

4.1.6 DIRECCIÓN DE LOS VIENTOS

La zona de estudio se caracteriza por la presencia de vientos dominantes provenientes del Este, con algunas tendencias de Sureste y Noreste, es decir sin que haya presencia de viento desde el Occidente debido a la incidencia de la Cordillera de Los Llanganates (Mera, 2020, pág. 53)

4.1.7 SERVICIOS AMBIENTALES ECOSISTÉMICOS

El Cantón Mera al poseer dentro de su territorio cantidades considerables de cobertura vegetal nativa, se debe aprovechar estas potencialidades que nos brinda el entorno natural en cuanto a la prestación de servicios ambientales. Los mismos que pueden ser aprovechados dentro y fuera del Cantón con lo cual se estarían creando externalidades positivas en cuanto a la gestión integral del territorio a diferentes niveles jurisdiccionales. Presentando algunos servicios eco-sistémicos y de bienestar que se puede aprovechar dentro del territorio cantonal y tomarlos como directrices dentro de cada componente de planificación (Mera, 2020, pág. 52).

4.1.8 CARACTERÍSTICAS DEL AGUA RESIDUAL DOMESTICA GENERADA EN ECUADOR

Tabla 11 Comparaciones de diferentes tesis de resultados de análisis de parámetros de las aguas residuales.

PARAMETRO	METCAL Y EDDY	VALLE PAZMIÑO	ROMERO ROJAS	PROMEDIO
SST	100 mg/l	173.5 mg/l	220 mg/l	164.5 mg/l
ST	350 mg/1	597.3 mg/l	720 mg/l	55.76 mg/l
ACEITES Y GRASAS	50 mg/l	987.2 mg/l	100 mg/l	379.06 mg/l
DBO_5	110 mg/1	16 mg/l	220 mg/L	115.33 mg/l
DQO	250 mg/1	47 mg/l	500 mg/l	265.66 mg/l
NTK	20 mg/l	40 mg/l	40 mg/L	33.33 mg/l
FÓSFORO TOTAL	4 mg/l	7.5 mg/l	8 mg/l	6.5 mg/l
COLIFORMES FECALES	----- NMP/100 ml	1.1×10^6 NMP/100 ml	----- NMP/100ml	1100000 NMP/100ml

Fuente: (METCALF & EDDY, 1995), (Valle Pazmiño, 2016), (Romero Rojas, 2010).

4.2 RESULTADO OBJETIVO 2

4.2.1 COMPARACIÓN DE ALTERNATIVAS

Tabla 12 Comparación de las alternativas en base a criterios de selección.

CRITERIOS DE SELECCIÓN			
VARIABLES	**FILTRO PERCOLADOR**	**BIODIGESTOR TUBULAR**	**HUMEDAL VERTICAL**
Remoción de carga orgánica	La eficiencia de remoción de la materia orgánica es del 85%.	La materia orgánica con una remoción del 79,57%.	Obtuvieron hasta un 96% en la reducción de carga orgánica.
Costos de inversión	Precios altos en el mercado.	Bajo coste de inversión, por su fácil manejo.	Estos sistemas presentan un bajo costo de inversión
Costos de mantenimiento	Funcionan con mantenimientos mínimos	Bajo costo por requerir poco mantenimiento.	Estos sistemas presentan un bajo costo de mantenimiento
Espacio	Superficie reducida.	Inconveniente es el alto impacto visual ya que ocupan mucho espacio	Menor espacio.
Complejidad de operación	Requiere constante atención del operador.	Es apreciado por su facilidad de operación	Complejidad técnica superior que supone una mayor dificultad de operación o gestión,
Consumo energético	Bajo consumo de energético	Consumo medio de 28 kw-hora-1 es el consumo mínimo	El consumo energético suele ser mínimo

Fuente: Elaboración propia

En esta tabla se aprecia la comparación entre los tres procesos de depuración, filtro percolador, biodigestor tubular y humedal subsuperficial vertical en base a variables como, la eficiencia de remoción de carga orgánica, costos de inversión, costos de mantenimiento, el espacio que se necesita para la implementación de la planta, la operatividad y el consumo de electricidad. La selección de la alternativa se obtiene posteriormente en base a la ponderación por medio la matriz de priorización.

4.2.2. MATRIZ DE RESULTADOS

Tabla 13 Elección de la alternativa en función de los criterios seleccionados.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	**Total**
A1	0.5	0.1	0.5	0.5	0.5	0.5	2.6
A2	0.1	1	0.5	0.1	1	0.1	2.8
A3	1	0.5	0.5	0.5	0.1	0.5	**3.1**

Fuente: Elaboración propia.

En el análisis realizado se obtuvo que la alternativa tres es la más idónea, en este caso es el Humedal Subsuperficial Vertical, obtuvo el valor más alto en base a la calificación de cada criterio que se valoró, en cuanto a la eficiencia de remoción de materia orgánica este sistema presenta un 96%, la operatividad de la planta requiere de una operación recurrente y técnica, presenta un bajo consumo energético y no necesita un espacio mayor de terreno para su construcción.

4.3 RESULTADOS OBJETIVO 3

4.3.1 CAUDALES

- CAUDAL DOMÉSTICO

$$Q_{dom} = \frac{Dotación * P * C_R}{86400} \quad (36)$$

Donde:

D= 170 l/hab*día

P= 937 hab

Cr= 0,8

$$Qdom = \frac{170\,\frac{l}{hab} * día * (937\ hab) * (0{,}8)}{86400}$$

$$Qdom = 1{,}474\ l/s$$

- COEFICIENTE DE RETORNO

Cr= 0,8

- CAUDAL DE INFILTRACIÓN

$$Q_{inf} = 0.3 \frac{\frac{l}{s}}{ha} * A \quad (37)$$

Donde:

A= 0,5 ha

$$Q_{inf} = 0{,}3 \frac{\frac{l}{s}}{ha} * 0{,}5\ ha$$

$$Q_{inf} = 0{,}15\ l/s$$

- CONEXIONES ERRADAS

$$Q_{c.err} = \frac{0.2l}{s * ha} * A \quad (38)$$

$$Q_{C.err} = \frac{0{,}2l}{s * ha} * 0{,}5\ ha$$

$$Q_{c.err} = 0{,}1\ l/s$$

- CAUDAL DIARIO O MEDIO

$$Q_{md} = Q_{dom} + Q_{inf} + Q_{c.err} \quad (35)$$

Dónde:

Qdom= 1,474 l/s

Qinf= 0,15 l/s

Qc.err= 0,10 l/s

$$Q_{md} = 1{,}474 \frac{l}{s} + 0{,}15 \frac{l}{s} + 0{,}10 \frac{l}{s}$$

$$Q_{md} = 1{,}724\ l/s$$

- CAUDAL MÍNIMO

$$Q_{min} = 0.30 * Q_{med} \quad (39)$$

Donde:

Qmed= 1,724 l/s

$$Qmin = 0{,}3 * 1{,}724 \frac{l}{s}$$

$$Qmin = 0{,}517 \frac{l}{s}$$

- CAUDAL PUNTA

$$Q_p = 5 * Qmed \quad (40)$$

$$Q_p = 5 * 1{,}724 \frac{l}{s}$$

$$Q_p = 8{,}62 \frac{l}{s}$$

- CAUDAL MÁXIMO

$$Q_{max} = Qp * 2 \quad (36)$$

$$Q_{max} = 8{,}62 \frac{l}{s} * 2$$

$$Q_{max} = 17{,}24 \frac{l}{s}$$

Tabla 14 Medidas de caudales.

Medidas de caudales	
Caudal	**l/s**
Caudal medio.	1,724 l/s
Caudal mínimo.	0,517 l/s
Caudal en punta.	8,82 l/s
Caudal máximo.	17,24 l/s

Fuente: Elaboración propia.

4.3.2 OBRAS DE LLEGADA

Periodo de diseño: 15 años

Población futura: 937 hab

Como se mencionó anteriormente el barrio no cuenta con un sistema de alcantarillado. Nuestra propuesta del trabajo se basa en una estimación de que la red de alcantarillados para recoger las aguas residuales generadas en el barrio sea de tipo independiente; por lo tanto, el flujo que llegue a la PTAR propuesto sea netamente aguas residuales domésticas.

- **Canal de ingreso.**

Para el diseño del canal de ingreso se tomó como referencia un valor de partida según García & Corzo (2008), de 0.20 a 2 m de ancho, obteniendo un ancho de 1 m para el diseño de nuestro trabajo, de tal manera se establece la altura de 0.50m que se encuentra en los valores propuestos por dicho autor.

- Ancho útil de paso:

$$W_u = (Ac - n * Ab) * \left(1 - \frac{G}{100}\right) \quad (41)$$

Dónde:

A_c = 1 m

n = 16

Ab = 0.025 m

G = 30

$$W_u = (1\ m - 16 * 0{,}025) * \left(1 - \frac{30}{100}\right)$$

$$W_u = 0{,}42\ m$$

- Profundidad:

$$h = \frac{Q}{v} * \frac{1}{Wu} \quad (42)$$

Dónde:

Qmax= 0,0172 m^3/s

v= 0.3 m/s (criterio propuesto)

W_u= 0,42 m

$$h = \frac{0{,}0172\,\frac{m3}{s}}{0{,}3\,\frac{m}{s}} * \frac{1}{0{,}42\ m}$$

$$h = 0{,}145\ m$$

- Largo:

$$L = TH * v \tag{43}$$

Dónde:

TH= 0,5 s (criterio propuesto)

v= 0,3 m/s

$$L = 5\ s * 0{,}3\,\frac{m}{s}$$

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

Al valor de la profundidad le sumamos un resguardo de 0,5 según lo indicado por García & Corzo (2008)*, a su vez, el valor total de profundidad será de 0.645 m.*

Tabla 15 Dimensiones del canal de llegada.

Medidas del canal de llegada.	
Ancho útil del canal.	0.42 m
Profundidad del canal.	0.645 m
Longitud del canal.	1.5 m

Fuente. Elaboración propia.

El canal de entrada que se ha diseñado permitirá que las aguas residuales entren a los posteriores tratamientos, acotando que los sólidos gruesos serán retenidos por las rejas implantadas, el canal cuenta con una longitud de 1,5 m, profundidad de 0,645 m y un ancho de 0,42 m, cabe mencionar que la altura que se ha seleccionado está dentro de los parámetros propuestos en el texto de García & Corzo (2008).

4.4 TRATAMIENTO PRELIMINAR O PRE-TRATAMIENTO.

- **DISEÑO DE LAS REJAS:**
- Número de barrotes:

$$N = \frac{B_R - L}{b + L} \tag{44}$$

Dónde:

B_R= 0.9 m (criterio propuesto)

L= 0.03 m (criterio propuesto)

b= 0.025 m (criterio propuesto)

$$N = \frac{0.9m - 0.03m}{0.025m + 0.03m}$$

$$N = 15.81\ barrotes\ \ de\ preferencia\ se\ utilizarán\ 16\ barrotes.$$

Tabla 16 Dimensiones de la rejilla.

Medidas de la rejilla.	
Platinas.	25 * 6 mm
Espaciamiento.	0,03 m
Velocidad mínima.	0,3 m/s
Número de barrotes.	16 barrotes.

Fuente: Elaboración propia.

Al dimensionar las rejas el espesor tiene que encontrarse entre 5 - 15 mm y el ancho de 25 – 50 mm, lo recomendable es 25 mm según (INEN, Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposicion de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes, 1992), es por ello que se planteó el diseño de rejillas con platinas de 25 mm de ancho y espesor 6 mm con espaciamiento de 0,03 m. la velocidad mínima con la que el agua va a circular es de 0,3 m/s. tomando en cuenta que el tipo de rejas que se va a utilizar es fino.

DESARENADOR:

El diseño del desarenador se tomó valores de Lozano (2012), el cual nos recomienda que el tamaño de las partículas sea de 0,3 mm con una velocidad de flujo de 0,3 m/s para las aguas residuales domésticas.

- Tamaño de partículas a retener

3 cm

- Velocidad de flujo

V_f=0.3 m/s.

- Longitud

$$L = Ac * relación\ largo - ancho \quad (45)$$

Dónde:

A_c= 0.5 m

Relación larga – ancho: 2 m

$$L = 0{,}5\ m * 2$$

$$L = 1\ m$$

- Área útil

$$A = \frac{Q}{V} \quad (46)$$

Dónde:

Q= 0,01724 m3/s

V= 0,3 m

$$A = \frac{0{,}01724\ \frac{m3}{s}}{0{,}3\ m}$$

$$A = 0{,}0574\ m^2$$

- Profundidad:

$$h = \frac{A}{Ac} \quad (47)$$

Dónde:

A_c= 0,5 m

A = 0,0574 m^2

$$h = \frac{0{,}0574\ m2}{0{,}5\ m}$$

$$h = 0{,}114\ m$$

- Carga superficial:

$$Cs = \frac{Qmax}{L * Ac} \quad (48)$$

Dónde:

Q_{max}= 61,92 m^3/h

L= 2,6 m

A_c= 0,35 m

$$Cs = \frac{61{,}92 \frac{m3}{h}}{2{,}6\ m * 0{,}35\ m}$$

$$Cs = 68{,}04 \frac{m^3}{m^2} * h$$

*Si la carga superficial es menor a 70 m^3/m^2*hora a caudal máximo, el dimensionamiento es correcto, de no ser así se recomienda aumentar la longitud del canal.*

Tabla 17 Dimensiones del desarenador.

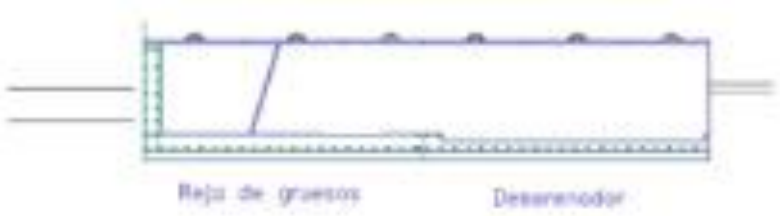
Medidas del desarenador.	
Profundidad del desarenador.	0,5 m
Ancho.	0,35 m
Longitud.	2,6 m

Fuente: Elaboración propia.

El dimensionamiento del desarenador es de 0,5m de profundidad con un ancho de 0,35 m y se va a asumir que es el mismo que el de canal de diseño, tomando en cuenta que tiene una relación de largo ancho 2 m, que son criterios de diseño ya planteados, en lo que respecta a la longitud es de 1m, pero para el correcto funcionamiento se utilizará 2,6 m con una carga superficial de 68,04 m^3/m^2*h, la cual nos indica que el dimensionamiento es correcto y están dentro de los rangos que se propone en el trabajo de García & Corzo (2008).

Finalmente, el diseño de rejas y desarenador son un sistema combinado en la cual se van a retener los sedimentos que se encuentran en las aguas residuales domésticas, para que al ingresar a los distintos procesos de saneamiento no provoquen daños en tuberías y equipos.

Figura 7 Prototipo de sistema de rejas y desarenador



Fuente: (García & Corzo, 2008)

4.5 TRATAMIENTO PRIMARIO

Tanque Imhoff

- Superficie del tanque rectangular:

$$\boldsymbol{S = \frac{Q_{punta,d}}{L_{Hputa,d}}} \quad (49)$$

Dónde:

Q_{punta}= 744,768 m^3/día

L_{punta}= 30 m^3/m^2*h (criterio propuesto)

$$S = \frac{744{,}768\,\frac{m3}{s}}{30\,\frac{m3}{m2} * d}$$

$$S = 24{,}83\ m^2$$

- Profundidad:

$$P = \left[\frac{W - O_i}{2}\right].p \quad (50)$$

Dónde:

W= 2,5 m

O_i= 0,20 m

p= 1,6/1

$$P = \left(\frac{2{,}5\ m - 0{,}20\ m}{2}\right) * \left(\frac{1{,}6}{1}\right)$$

$$P = \ 1{,}84\ m$$

- Superficie A_1

$$A_1 = \ [(W - \ O_i\ )/2\ ].p/2 \tag{51}$$

Dónde:

W= 2,5 m

O_i= 0,20 m

P= 1,84 m

$$A_i = \left(\frac{2{,}5\ m - 0{,}20\ m}{2}\right) * \frac{1{,}84\ m}{2}$$

$$A_i = 1.15\ m^2$$

- Superficie A_e

$$A_e = O_i.P \tag{52}$$

Dónde:

O_i= 0,2 m

P= 1,84 m

$$A_e = 0{,}2\ m * 1{,}84\ m$$

$$A_e = 0{,}368\ m^2$$

- Superficie total

$$A_t = 2.A_1 + A_e \tag{53}$$

Dónde:

A_i= 1,1 m^2

A_e= 0,368 m^2

$$A_t = 2 * 1{,}1\ m^2 + 0{,}368 m^2$$

$$A_t = 2{,}56\ m^2$$

- Volumen de decantación

$$V_{dec=}\left(h_{deflector}\ .S\right) + (A_t.L) \quad (54)$$

Dónde:

$H_{deflector}$= 0,3 m * 5 m

S= 2,5 m

A_t= 2,56 m^2

L= 5 m

$$V_{dec} = (0{,}3\ m * 5\ m * 2{,}5\ m) + (2{,}56\ m^2 * 5m)$$

$$V_{dec} = 16{,}55\ m^3$$

- Comprobaciones:

$$\boldsymbol{V}_{\boldsymbol{puntah=}\frac{\boldsymbol{Q_{puntah}}}{\boldsymbol{A_t \times 60}} < 0{,}3} \quad (55)$$

$$V_{puntah} = \frac{31.03\ \frac{m^3}{h}}{2{,}56\ m * 60} < 0{,}3$$

$$V_{puntah} = 0{,}202\ m/min <\ 0{,}3\ m/min$$

- Superficie de la zona de digestión:

$$\boldsymbol{S_t} = \left(\boldsymbol{1} + \%\boldsymbol{S_{gas}}\right).\boldsymbol{S_{dec}} \quad (56)$$

Dónde:

S_{dec}= 12,5 m^2 (criterio de diseño)

$\%S_{gas}$= 0,3 (criterio de diseño)

$$S_t = (1 + 0{,}3) * 12{,}5\ m^2$$

$$S_t = 16.3\ m^2$$

- Ancho total:

$$\boldsymbol{W_t = W_{dec} + W_{gas}} \quad (57)$$

Dónde:

W_{dec}= 2,5 m

W_{gus}= 0,5 m

$$W_t = 2{,}5\ m + 0{,}5\ m$$

$$W_t = 3\ m$$

- Longitud total:

$$\boldsymbol{L_t = \frac{S_t}{W_t}} \quad (58)$$

Dónde:

S_T= 16,3 m^2

W_T= 3 m

$$L_t = \frac{16{,}3\ m^2}{3\ m}$$

$$L_t = 5{,}43\ m$$

- Volumen del tanque:

$$\boldsymbol{V_{lodos} = \frac{VEU.T_d.N}{1000}} \quad (59)$$

Dónde:

VEU= 100 L/hab*año

T_d= 1 año

N= 937 hab

$$V_{lodos} = \frac{100\frac{l}{hab} * año * 1\ año * 937\ hab}{1000\frac{l}{m^3}}$$

$$V_{lodos} = 93{,}7\ m^3$$

- Altura del fondo piramidal:

$$h_3 = \left(\frac{\frac{L_t}{n}}{2}\right) * \tan \propto \quad (60)$$

Dónde:

n= 2

L_t= 5,43 m

α= 30°

$$h_3 = \left(\frac{\frac{5{,}43\ m}{2}}{2}\right) * \tan 30°$$

$$h_3 = 0{,}785\ m$$

- Profundidad de la zona de digestión:

$$\boldsymbol{h_2} = \frac{\boldsymbol{V_{lodos}}\left(\frac{\boldsymbol{1}}{\boldsymbol{3}} \times \boldsymbol{L_t} \times \boldsymbol{W_t} \times \boldsymbol{h_3}\right)}{(\boldsymbol{L_t} \times \boldsymbol{W_t})} \quad (61)$$

Dónde:

L_t = 5,43 m

h_2= 100 m

W_t= 3m

h_3= 0,785 m

v_{lodos}= 93, 7 m^3

$$h_2 = \frac{93{,}7\ m^3 - \left(\frac{1}{3} * 5{,}43\ m * 3\ m * 0{,}785m\right)}{5{,}43\ m * 3\ m}$$

$$h_2 = 5{,}49\ m$$

- Profundidad total:

$$\boldsymbol{h_t = h_{resguardo} + h_{deflector} + P + h_1 + h_2 + h_3} \quad (62)$$

Dónde:

$h_{resguardo}$= 0,6 m

$h_{deflector}$= 0,6 m

P= 1,84 m

h_1= 0,6 m

h_2= 5,49 m

h_3= 0,785 m

$$h_t = 0{,}6\ m + 0{,}6\ m + 1{,}84\ m + 0{,}6\ m + 5{,}49\ m + 0{,}785\ m$$

$$h_t = 9{,}92\ m$$

- Volumen del tanque:

$$\boldsymbol{V = V_{resguardo} + V_{dec} + V_{lodos} + [h_1 . L_t . W_t]} \quad (63)$$

Dónde:

$V_{resguardo}$= 0,6 m

V_{dec}= 16,55 m^3

V_{lodos}= 93,7 m^3

h_1= 0,6 m

L_1= 5,43 m

W_T= 3 m

$$V = 0{,}6\ m + 16{,}55\ m^3 + 93{,}7\ m^3 + (0{,}6\ m * 5{,}43\ m * 3\ m)$$

$$V = 120{,}62\ m^3$$

Tabla 18 Dimensiones del tanque Imhoff.

Medidas del tanque Imhoff	
Superficie del tanque.	24,83 m^2
Profundidad.	1,84 m
Ancho total.	3 m
Longitud total.	5,43 m
Volumen para almacenar lodos.	93,7 m^3
Profundidad total.	9,92 m
Volumen del tanque.	120,62 m^3

Fuente: Elaboración propia.

4.6 TRATAMIENTO SECUNDARIO

Una vez analizado en el objetivo 2 la mejor alternativa para el tratamiento secundario hemos decidido que se utilizará el humedal subsuperficial de flujo vertical por sus ventajas y desventajas. Por su eficiencia de remoción sus bajos costos de inversión, mantenimiento. Su fácil operatividad, no necesita de un gran espacio y su consumo energético es poco. Y a su vez todas las ecuaciones que vamos a utilizar para su dimensionamiento son del autor García & Corzo (2008).

Humedal artificial de flujo subsuperficial vertical. (HFSSV)

Este dimensionamiento se lo hizo tal como indica el texto de García & Corzo (2008), expresando que como norma general los sistemas se pueden dimensionar tomando 2,5 m^2/hab-eq, siendo recomendable considerar en el caso de pequeños municipios 1,5 m^2/hab-eq.

- Área superficial:

$$\boldsymbol{As = 1,5 m^2 \times Pf} \tag{64}$$

Dónde:

P_f= 937 hab

$$A_s = 1{,}5\ m^2 * 937\ hab$$

$$A_s = 1405{,}5\ m^2$$

$$A_s = \frac{1405{,}5\ m^2}{2} \quad A_s = 702{,}75\ m^2$$

Al obtener un área superficial grande, se plantea incluir dos humedales en paralelo para lograr una mejor distribución del agua residual domestica dentro de los equipos, por lo cual cada humedal tendrá un área superficial de:

$$A_{sh} = 702{,}75\ m^2$$

$$A = L^2$$

$$L = \sqrt{A}$$

$$L = \sqrt{702{,}75 m^2} \quad L = 26{,}50\ m$$

Tabla 19 Dimensiones del humedal subsuperficial vertical.

Medidas del humedal.	
Factor	**Valor**
Grava principal de 20 cm de espesor.	40 mm
Gravilla secundaria de 70 cm de espesor.	0,8 mm
Capa superficial de arena gruesa.	10 cm
Largo.	26,50 m
Ancho.	26,50 m
Drenaje.	
Pendiente.	1 %
Talud.	45 °
Profundidad del medio granular.	15 mm
Diámetro de la tubería.	100 mm
Separación de la tubería.	2 m
Parrilla de distribución de las aguas residuales.	
Diámetro de la tubería.	32 mm
Separación de las tuberías.	1 m
Orificios por donde saldrá el agua.	0,3 m
Espacio entre los orificios.	60 cm

Elaborado por: Balladares Doménica y Quinteros Fernanda.

Los dos humedales subsuperficiales de flujo vertical realizarán la depuración del agua mediante la interacción que se tiene con los microorganismos, sustratos y vegetación, una de las características es que se encuentran conformados por los canales con profundidad de 1 metro; para este diseño la relación de largo-ancho es de 1/1 por lo que el área es de 1405,5 m^2 cabe recalcar que el área es sumamente grande y se decide diseñar dos humedales cada uno de ellos con un área de702,75 m^2 obteniendo un largo y ancho de 26,50 m, con pendiente de 1% al fondo para que las aguas puedan escurrir desde la parte de arriba hacia la parte de abajo. El talud tendrá 45° de inclinación; para cubrir la parte inferior del humedal se debe implementar una membrana de impermeabilización en este caso se utilizó la membrana geotextil y sobre ella una lámina plástica de polietileno de 2 mm de alta densidad. Para recoger las aguas se colocan drenajes longitudinales de 100 mm de diámetro con separaciones de 2 m.

Cabe mencionar que este tipo de humedales trabaja con un sistema de multicapas, el inicio de las capas es comuna de grava de 40 mm con espesor de 20cm la cual sirve para cubrir la tubería de drenaje, la siguiente capa es de gravilla silícea de 0,8 mm con espesor de 70cm (esta gravilla es la que realiza la depuración) y se finaliza con una capa de arena gruesa de 10 cm de espesor, esta última ayuda a repartir el agua de mejor manera.

La distribución de las aguas residuales dentro del humedal se realiza mediante una parrilla de riego con tuberías de diámetro 32 mm las cuales están separadas cada un metro con orificios de 0,3 mm que están colocados cada 60 cm. Adicionalmente se coloca una chimenea en un extremo del humedal para ayudar a su aireación. Finalmente se colocarán cuatro plantas por cada metro cuadrado con un total de 2811 plantas para cada humedal.

Lo que respecta al sistema de bombeo, se propone un sistema de sifones de auto descarga, los cuales se encuentran en la arqueta de entrada al humedal artificial, el sistema además está compuesto por tubería flexible, una caja de tuberías que va a descargar el agua y un flotador, el cual va a ayudar a elevar a la caja mientras el agua cae en la arqueta, a manera recurrente el cual alimentará al humedal de manera intermitente sin ningún consumo de energía ni equipos electromecánicos.

Vegetación para el humedal

La especie que se pretende utilizar para la depuración de aguas residuales es:

La Espadaña – *Typha latifolia.*

La especie vegetal Typha Latifolia, pertenece a la familia de las Typhaceae, son plantas herbáceas perennes rizomatosas, es decir, con un tallo subterráneo de varias yemas que crecen de manera horizontal emitiendo raíces y nuevos brotes. Esta especie tiene largas hojas verdes y flores a manera de salchicha en su parte apical. Son plantas que indican un humedal excelente, estas llegan a tolerar inundaciones estacionales, pobres condiciones de suelo y salinidad; considerando que Mera es uno de los cantones con más pluviosidad y su tipo de suelo, se adaptan correctamente a esta vegetación. Se propone un tiempo de adaptación de 60 a 90 días de la espadaña, después de la siembra.

Finalmente se colocarán cuatro plantas por cada metro cuadrado del humedal, dando un total de 2811 plantas de espadaña por cada humedal.

4.7 TRATAMIENTO TERCIARIO

- MÉTODO DE DESINFECCIÓN ULTRAVIOLETA.

El tratamiento terciario se realizará mediante desinfección ultravioleta que en comparación a otros tratamientos esta es 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 peligrosos y de uso constante y adicionalmente este proceso no genera residuos y tiene un tiempo relativamente corto de exposición con el agua para desinfectarla, mencionando que funciona como germicida eliminando el 99,92% de los microorganismos presentes en el agua. Cabe recalcar que no es de gran tamaño por lo que ocupa una mínima cantidad de espacio reduciendo su costo de implementación.

Según el caudal con el que se trabajó en el diseño, la empresa ALQUISER-Servicios Ambientales propone utilizar tres lámparas Phillips a la salida de los humedales, estas lámparas tienen una potencia de salida de 12 GPM (Galones por minuto), el tubo tiene las medidas de 92,5 cm y 2,5 cm de diámetro con capacidad de 12 galones por 45 litros por minuto, es decir 2700 litros por hora y 45 litros por minuto. La carcasa o también conocido como el contenedor de acero inoxidable tiene medidas de 105 cm de largo y 6,35 cm de diámetro.

4.8 ANÁLISIS TÉCNICO - ECONÓMICO:

El análisis económico se basó en una rubrica realizada por el Ingeniero Civil Cristian Pullas Mejía, mismo que presta sus servicios de manera independiente en su empresa

MARKADICO, en la cual detalla el presupuesto referencial para la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas, para el barrio Nuevo Milenium.

PRELIMINAR:

Tabla 20 Análisis técnico-económico preliminar.

PRELIMINAR.				
Descripción.	Unidad.	Cantidad.	Precio Unitario.	Total.
Replanteo y Nivelación lineal del terreno.	m	1,5	40	60
Limpieza y desbroce.	m2	6	40	240
TOTAL:				300

Fuente: (Pullas Mejía, 2021)

Elaborado por: Doménica Balladares & Fernanda Quinteros.

PRETRATAMIENTO:

Canal de entrada y desbaste:

Tabla 21Análisis técnico- económico del pretratamiento

CANAL DE ENTRADA Y DESBASTE.				
Descripción.	Unidad.	Cantidad.	Precio Unitario.	Total.
Excavación a máquina.	hora	9	40	360
Adecuación del fondo de la zanja.	m2	4	30	120
Reja varilla circular del canal de cribado.	M	10	12,5	125
Relleno y compactado de zanjas.	m3	7	26,5	185,5
Hierro de 8mm.	M	15	5,5	82,5
Sacos de cemento de 50 kg.	U	5	7,15	35,75
Tubería PVC.	M	22	30	660
Mano de obra semanal.	gbl	7	20	140
Subtotal:				1708,75
Iva 12%:				205,05
Total:				1913,8

Fuente: (Pullas Mejía, 2021)

Elaborado por: Doménica Balladares & Fernanda Quinteros.

Desarenador:

Tabla 22 Costos del Desarenador.

DESARENADOR.				
Descripción.	Unidad.	Cantidad.	Precio Unitario.	Total.
Sacos de cemento.	u	6	7,15	42,9
Adecuación de zanja.	m2	4	30	120
Encofrado y desencofrado recto.	m2	4	120	480
Hormigón s.F´S 210 kg/cm2	m3	3	300	900
Compuesta de volante de acero inoxidable.	u	3	81	243
Hierro de 8 mm	Kg	33	5,5	181,5
Subtotal:				1967,4
Iva 12%:				236,088
Total:				2203,488

Fuente: (Pullas Mejía, 2021)

Elaborado por: Doménica Balladares & Fernanda Quinteros.

TRATAMIENTO PRIMARIO:

Tabla 23 Costos del tratamiento primario.

Tanque Imhoff.				
Descripción.	Unidad.	Cantidad.	Precio Unitario.	Total.
Excavación a máquina.	Hora	5	40	200
Adecuación del fondo de la zanja.	m2	4	30	120
Mano de obra semanal.	Gbl	4	20	80
Sacos de cemento de 50 kg.	U	10	7,15	71,5
Tubería PVC	m2	2	30	120
Equipo de tanque Imhoff con medidas de diseño.	U	1	29500	29500
Subtotal:				30020
Iva 12%:				3602,4
Total:				33622,4

Fuente: (Pullas Mejía, 2021)

Elaborado por: Doménica Balladares & Fernanda Quinteros.

TRATAMIENTO SECUNDARIO:

Tabla 24 Costos del tratamiento secundario.

Humedal subsuperficial de flujo vertical.				
Descripción.	Unidad.	Cantidad.	Precio Unitario.	Total.
Excavación a máquina.	Hora	12	40	480
Desalojo del material por medio de volquetas.	m3	10	40	400
Adecuación del fondo de la zanja.	m2	8	30	240
Tubería PVC para desague.	M	7	315,5	2208,5
Codo PVC para desague.	U	11	26,5	291,5
Tubería para el drenaje 100 mm	M	1	50	50
Geotextil 150-300 G/CM2	m2	1	670	370
Lámina pead 2mm	U	1	680	680
Grava para filtros de acuerdo al diseño.	m3	7	45	315
Plantación de la espadaña.	m2	2811	0,75	2108,25
Subtotal:				7143,25
Iva 12%:				857,19
Total:				8000,44

Fuente: (Pullas Mejía, 2021)

Elaborado por: Doménica Balladares & Fernanda Quinteros.

TRATAMIENTO TERCIARIO:

Tabla 25 Costos del tratamiento terciario.

DESINFECCIÓN LUZ ULTRAVIOLETA.				
Descripción.	Unidad.	Cantidad.	Precio Unitario.	Total.
Lámpara Ultravioleta UV 12 Gpm-55w-Os	u	3	193	579
Subtotal:				579
Iva 12%:				69,48
Total:				648,48
Técnico para la instalación:	u	1	200	200
Subtotal:				200
TOTAL:				848,48

Fuente: (ALQUISER, 2021)

Elaborado por: Doménica Balladares & Fernanda Quinteros.

TOTAL

Tabla 26 Costos Totales.

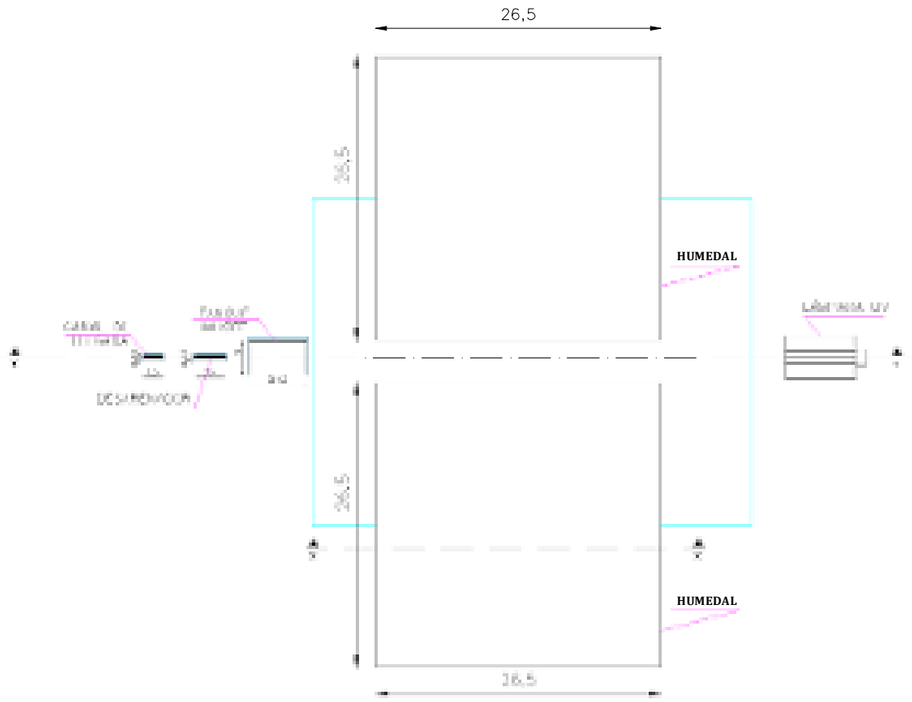
DETALLE:	TOTAL:
PRELIMINAR:	300
CANAL DE ENTRADA Y REJAS:	1913,8
DESARENADOR:	2203,488
TANQUE IMHOFF:	33622,4
2 HUMEDALES SUBSUPERFICIALES DE FLUJO VERTICAL:	8000,44
LÁMPARA DE LUZ UV:	648,48
OTROS:	200
TOTAL:	46888,608

Elaborado por: Doménica Balladares & Fernanda Quintero

Figura 8 ESQUEMA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.

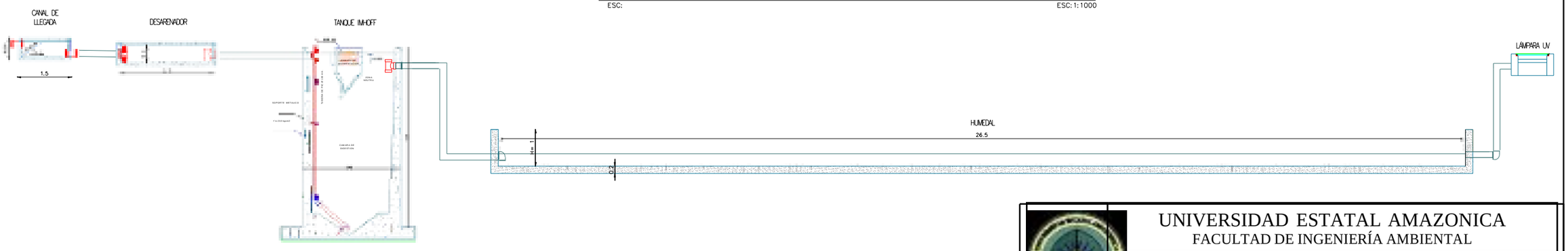
ESQUEMA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

ESC: 1 : 250



ESQUEMA DEL FUNCIONAMIENTO CORTE X-X

ESC: ESC: 1:1000



UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZONICA FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL			
PROYECTO: DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL PARA EL BARRIO NUEVO MILENIUM DEL CANTÓN MERA			
CONTIENE: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CORTES Y DETALLES DE PTAR		UBICACIÓN:	PARROQUIA: SHELL CANTN: MERA PROVINCIA: PASTAZA
DISEÑADO POR:	REVISADO POR:	ESTUDIO: DEFINITIVO	ESCALA:
		DIBUJO: MFQA	INDICADAS
EGDO. MARIA F. QUINTEROS	MSC. PEDRO PEÑAFIEL	FECHA: 28012021	LÁMINA: 1 DE 1

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1 Conclusiones

- Se obtuvo un caudal medio diario de 1,724 l/s un caudal mínimo de 0,517 l/s un caudal en punta de 8,62 l/s y un caudal máximo diario de 17,24 l/s utilizando como datos de partida la población futura de 937 habitantes y un consumo diario de 170 l/hab*día que contribuyeron para la realización de los distintos procesos de la planta de tratamiento.
- Se realizó el diseño de planta de tratamiento de las aguas residuales domésticas para el barrio Nuevo Milenium con una vida útil de 15 años y una población futura de 937 habitantes, dicho diseño compuesto por los procesos de Sistema de Rejillas o Cribado, Desarenador, Tanque Imhoff, humedal subsuperficial vertical y desinfección UV, estos fueron dimensionados con el fin de ocupar un espacio pequeño de terreno dentro del barrio.
- Para el cumplimiento del tratamiento secundario se decidió implementar un humedal subsuperficial de flujo vertical para el saneamiento de las aguas residuales, dicho método fue escogido en base una matriz de ponderación, teniendo como resultado final que este humedal es la mejor opción técnica y económicamente viable para esta pequeña comunidad como lo es el barrio Nuevo Milenium; el costo aproximado para la construcción de los tratamientos fue de 48.005,96 dólares americanos.

5.2 Recomendaciones.

- La disposición de los lodos y fangos en el tratamiento primario (Tanque Imhoff) se debería implementar una depuración biológica, mediante lodos activados, para un óptimo tratamiento.
- Realizar un análisis de laboratorio de características físicas, químicas y biológicas del efluente descargado al cuerpo de agua, a fin de revisar el cumplimiento de parámetros y normas de descarga de acuerdo con la normativa vigente.
- Implementar un estudio de impacto ambiental en el barrio Nuevo Milenium con el propósito de diseñar los planes de manejo ambiental y llevar el control por parte de las autoridades del GAD y entidades del Ministerio del Ambiente y Agua.
- Después de la construcción de la PTAR, se recomienda realizar mantenimientos adecuados, garantizando el funcionamiento de los tratamientos por parte de los operarios.

CAPITULO VI

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Abad, R. R. (noviembre de 2016). *"Trabajo de titulación" Diseño de una planta de tratamiento de agua residuales para ser utilizada en el riego del parque samanes".* Obtenido de http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/16077/1/TESIS%20MGA%20047_%20Dise%C3%B1o%20de%20una%20planta%20de%20tratamiento%20de%20agua%20residuales.pdf

Aldáz. (2011). *Diseño del alcantarillado sanitario y tratamiento de aguas servidad de lotizaciones unidas (Varios propietarios), del cantón el Carmen (Tesis de grado). Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Recuperado el 5 de 12 de 2019.* Quito.

ALQUISER. (2021). *Proforma de lámparas UV para aguas residuales.* Lago Agrio.

Barba, L. (2002). *Conceptos básicos de la contaminación del agua y parámetros de medición.*

Batero, J. (2007). *Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño.* Bogotá: Escuela Colombiana de ingeniería. .

Belzona. (2010). *https://www.belzona.com/es. (A. Troconis, Ed.) Recuperado el 20 de 11 del 19.* Obtenido de https://www.belzona.com/es/solution_maps/wastewater/money_map.pdf

Berruga, M. (2013). *Desarrollo de procedimientos para el tratamiento de efluentes de quesería.*

BIRF. (2013). *Banco Mudial*. Obtenido de Aguas residuales en Latinoamérica: https://www.bancomundial.org/es/news/feature/2014/01/02/rios-de-latinoamerica-contaminados

Cargua, R. (2009). *Diseño de planta de Tratamiento de agua residual para el sector Santa Cruz.* Riobamba.

COA. (2017). *Código Orgánico del Ambiente .Artículo 196 [Titulo II].* Lexis,Quito.

Constitución. (2008). *Constitución de la República del Ecuador Artículo 264 [Título V].* Lexis,.Quito.

COOTAD. (2010). *Código Orgánico Organización Territorial Autonomía Descentralización Artículo 55 [Titulo III].* . Lexis.Quito.

Eddy, M. y. (1996). *Ingeniería de Aguas Residuales. Tratamiento, vertido y utilización.*

Eduardo, S. T. (FEBRERO de 2020). *Informe de proyecto integrador previo a la obtención del título de ingeniero industrial tema: propuesta de diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales domesticas a escala piloto en la*

unemi. Obtenido de http://repositorio.unemi.edu.ec/bitstream/123456789/5124/1/PROPUESTA%20DE%20DISE%C3%91O%20DE%20UNA%20PLANTA%20DE%20TRATAMIENTO%20DE%20AGUAS%20RESIDUALES%20DOMESTICAS%20A%20ESCALA%20PILOTO%20EN%20LA%20UNEMI.pdf

Elizabeth Tilley, L. U. (2014). *Akvopedia.* Obtenido de https://akvopedia.org/wiki/Humedal_Artificial_de_Flujo_de_Horizontal_subsuperficial

Elizabeth, D. C., Rafael, A. G., & Elizabeth, C. C. (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. México: Quivera.

EMP. (2009). *Guía para el diseño hidráulico de redes de alcantarillado. Medellín. Recuperado el 16 de 12 de 2019, .* Obtenido de https://www.epm.com.co/site/Portals/0/centro_de_documentos/GuiaDisenoHidraulicoRedesAlcantarillado.pdf

Erick Salambay, M. I. (2019). *"Propuesta de diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales para la lotización de empleados de la cooperativa de la pequeña empresa de pastaza ltda.".* Obtenido de https://repositorio.uea.edu.ec/bitstream/123456789/831/1/T.AMB.B.UEA.%20%203270.pdf

ESPINOZA, E. A. (2009). *Modulo de formulación y evaluación de proyectos.* Obtenido de http://www.esap.edu.co/portal/wp-content/uploads/2017/10/3-Proyectos-de-Desarrollo.pdf

FERNANDEZ, A. (11 de diciembre de 2012). *REVISTA QUIMICA VIVA*. Obtenido de https://www.redalyc.org/pdf/863/86325090002.pdf

Fernández, A., & Pastor Piñeiro. (1992). *Ecophy siological responses of lagunes to soil disturbances.* Santa Barbara-California.

Frers, C. (2009). *Los problemas de las aguas contaminadas.* El Cid Editor | apuntes.

García , J., & Corzo, A. (2008). *Guia práctica de diseño, construcción y explotacion de sistemas de humedales de flujo subsuperficial.* Universidad Politécnica de Catalunya:108.

García, H. T. (2007). *Guía tecnológica para el manejo integral del sistema productivo de la caña de azúcar*. Obtenido de https://books.google.com.ec/books?id=HavGX8wguv4C&pg=PA89&dq=tanque+septico&hl=es419&sa=X&ved=0ahUKEwjiyJ2D2ZnmAhXrqFkKHZtbAvgQ6AEIWTAH#v=onepage&q=tanque%20septico&f=false

Gomez. (2006). *Diseño del sistema de alcantarillado sanitario de la comunidad de "HUAYCOPUNGO". Quito. Recuperado el 11 de 12 de 2019, de.* Obtenido de https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/162/1/CD-0178.pdf

Gonzales, A. (2004). *Diseño del sistema de alcantarillado.* Ecuador.

HIDRITEC. (2014). *Desinfección con ultravioleta.* Obtenido de http://www.hidritec.com/hidritec/desinfeccion-con-ultravioleta

Inca, M. (2019). *Propuesta de diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales para la lotización de empleados de la cooperativa de la pequeña empresa de pastaza ltda.".* obtenido de https://repositorio.uea.edu.ec/bitstream/123456789/831/1/t.amb.b.uea.%20%203270.pdf

INEC. (2016). *Estadística de información ambiental económica en gobiernos autónomos descentralizados municipales*. Obtenido de https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Municipios_2015/Documento_Tecnico-Gestion_de_Agua_y_Alcantarillado_2015.pdf

INEN. (1992). *Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposicion de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes.* Quito: CPE INEN.

INTEDYA. (2018). *Agua en Latinoamérica sufre de contaminación ambiental*. Obtenido de https://www.intedya.com/internacional/145/noticia-el-70-del-agua-en-latinoamerica-sufre-problemas-de-contaminacion.html

Jimenez, A. (2014). Determinación de los parámetros fisico-químicos de calidad de las aguas. pág. 2(23).

LEON, D. A. (julio de 2019). *Analisis y propuesta de tratamiento de las aguas superficiales del rio puyo en el sector de union base* . Obtenido de https://repositorio.uea.edu.ec/bitstream/123456789/96/1/T.AMB.B.UEA.%203008

Lluglla, J., & Montaluisa, P. (2020). *Propiuesta de tratamiento de aguas residuales generadas en el caserio la clementina,cantón pelileo,provincia de tungurahua".* Puyo: tesis.

LÓPEZ, M. E. (2015). *Aguas residuales.composicion.* Obtenido de https://cidta.usal.es/cursos/edar/modulos/edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/Aguas_Residuales_composicion.pdf

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

Manga Certain, J. M. (2007). *Tratamiento de aguas residuales mediante sistemas de lagunage.* Barranquilla: Ediciones Uninorte. .

Margoth, D. l. (2015). *"Análisis de la calidad de agua del río pambay mediante la identificación de macroinvertebrados para elaborar una propuesta de plan de manejo ambiental".* Obtenido de https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/10026/1/TESIS%20FINAL%20LUISA%20DE%20LA%20CRUZ.pdf

Martinez, R. M. (2009). *Tratamiento de Aguas Residuales.* México: Reverté Ediciones.

Méndez, L. M. (2004). Tratamiento de aguas residuales mediante lodos activados a escala laboratorio. . *Revista del instituto de investigación FIGMMG, doi:1561-0888*, 74-83.

Meneses, W. (23 de Febrero de 2017). *proyecciones de población* . Obtenido de Slidershare: https://www.slideshare.net/WilfridoMenesesGelvis/2-proyecciones-de-poblacin

Mera, G. A. (2020). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Cantón Mera.* Mera.

Mercedes, N. L.-m.-b.-á. (2013). *Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de la calidad de las aguas : revisión de la literatura.* Obtenido de https://www.redalyc.org/pdf/1812/181229302004.pdf

METCALF & EDDY, I. (1995). *Ingenieria de aguas residuales tratamiento,vertido y reutilizaciones.* Obtenido de https://ueaeduec.sharepoint.com/sites/TUTORIASDETITULACIN/Documentos%20compartidos/General/Ingenieria%20de%20aguas%20residuales%20-%20Metcalf%20%26%20Eddy%20-%20Completo.pdf

Ministerio. (2019). *Revision del anexo 1 del libro vi del texto unificado de legislacion secundaria del ministerio.*

Moya. (2013). *Análisis de la evolución de los caudales de entrada a las estaciones depuradores de aguas residuales e influencia sobre la decantación secundaria.* Obtenido de Recuperado el 25 de 11 de 2019, de Universidad de Alicante, España: : https://iuaca.ua.es/es/master-agua/documentos/-gestadm/trabajos-fin-de-master/tfm07/ftm07-maria-jose-moya-llamas.pdf

OEFA. (2012). Fiscalización Ambiental en Aguas Residuales . Lima, Perú.

OPS. (2005). *Guia para el diseño de tanques sépticos, tanques imhoff y lagunas de estabilización.* Recuperado el 24 de Octubre de 2020, de https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/OPS%202005.%20Gu%

Ortiz, R. (2011). *Pequeñas centrales hidroeléctricas. Bogotá: Ediciones de la U.* Obtenido de https://books.google.com.ec/books?id=HSejDwAAQBAJ&pg=PA214&dq=desa

renador&hl=es419&sa=X&ved=0ahUKEwjEzrqA1JnmAhXJpFkKHUSiCe0Q6AEIQzAE#v=onepage&q=desarenador&f=false

Paguay. (2011). *Las aguas residuales y su incidencia en la calidad de vida de los habitantes de la lotización del colegio de ingenieros civiles del sector Huamurco del cantón Tena, Provincia de Napo. Tena. Recuperado el 27 de 11 de 2019, de* . Obtenido de https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/1069?locale=de

PDOT. (2015). *PODT MERA* .

Perez, J. &. (2014). *Aguas residuales Composición.*

Perlaza. (2016). *Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales (Tesis de grado). Escuale Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba. Recuperado el 08 de 12 de 2019, de Esccuela Superior Politecnica de Chimborazo:* . Obtenido de http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/5679/1/96T00338.pdf

Pulido, S. M. (2014). *PTAR-Uniminuto. Recuperado.* Obtenido de https://sites.google.com/site/ptaruniminuto/home:

Pulido, S. P. (2013). *PTAR-uniminuto.Origen y Características de las aguas residuales.* Obtenido de https://sites.google.com/site/ptaruniminuto/origen-y-caracteristicas-de-las-aguas-residuales

Pullas Mejía, C. M. (2021). *Análisis técnico-económico.* Puyo.

QUEVEDO, H. (2006). Métodos estadísticos para la ingeniería ambiental y la ciencia. P 58 -66.

Quiminet. (25 de octubre de 2011). *QuimiNet Sectores.* Obtenido de https://www.quiminet.com/articulos/las-caracteristicas-de-los-detergentes-2603319.htm

Rafael Saavedra García Zabaleta, M. V. (2017). *Diseño de un biodigestor tubular para zonas rurales de la región piura.* Obtenido de universidad de piura, departamento de ingeniería mecánico-eléctrica. laboratorio de energía: http://www.perusolar.org/wp-content/uploads/2017/12/garcia-rafael_biodigestor.pdf

Ramalho, R. S. (2003). *Tratamiento de aguas residuales.* España: Reverté.

RAS. (2000). *Tratamiento de aguas residuales.* Bogotá. Recuperado el 23 de Octubre de 2020

Reglamento, C. (2019). *Reglamento al Código Orgánico del Ambiente Artículo 2 [Titulo II].* Lexis.Quito.

Reyes, R.-G. M. (2013). *Ingeniería Investigación y Tecnología,Humedal de flujo vertical para tratamiento terciario del efluente físico-químico de una estación depuradora de aguas residuales domésticas.* Obtenido de http://www.scielo.org.mx/pdf/iit/v14n2/v14n2a7.pdf

Rodriguez. (2012). *civilgeeks.com Ingeniería y construcción. Recuperado el 23 de 12 de 2019,.* Obtenido de https://civilgeeks.com/2010/10/07/dotacion-sistema-de-agua-potable/

Rodriguez, C. (15 de octubre de 2018). *HIDROTEC.* Obtenido de https://www.hidrotec.com/blog/tipos-de-aguas-residuales/

Rodríguez-González, M. R.-B.-B.-L. (junio de 2013). *Humedal de flujo vertical para tratamiento terciario del efluente fisico-quimico de una estacion depuradora de aguas residuales domesticas.Ingeniería Investigación y Tecnología.* Obtenido de http://www.scielo.org.mx/pdf/iit/v14n2/v14n2a7.pdf

ROJAS.R. (2002). *Gestión integral de tratamiento de aguas residuales* . Panama.

Romero Rojas, J. (2010). *Tratamiento de aguas Residuales: Teoría y principios de diseño.* Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.

Romero, J. (2002). *Tratamiento de Aguas Residuales Teoria y principios de diseño.* Santa Fé de Bogotá, Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería.

Rusell, D. (2012). *Tratamiento de aguas residuales.* Barcelona,Reverte: Recuperado del 29 de 11 de 2019.

Sains, J. (2005). *Procesos y operaciones unitarias en depuración de agua residuales.* Obtenido de https://books.google.com.ec/books?id=r9aK7UttDU8C&printsec=frontcover&dq=filtro+percolador+pdf&hl=es419&sa=X&ved=0ahUKEwiH0PiHupfmAhVNqlkKHbQ4AGMQ6AEIKDAA#v=onepage&q&f=true

Salás Rodriguez, J. J. (12 de Agosto de 2020). Tratamiento de aguas residuales en pequeñas comunidades mediante Humedales. (I. UEPA, Entrevistador)

Sanchez. (2009). *Tratamiento de aguas residuales por un sistema piloto de humedales artificiales: evaluación de la remoción de la carga orgánica*. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-49992009000300004&script=sci_arttext&tlng=en

Sánchez Meneses, M. D. (2019). *Propuesta de fitorremediacion para coliformes fecales utilizando la especie Schoenoplectus californicus en la Comunidad de Illangama de Guaranda, provincia de Bolivar.* Guayaquil. Obtenido de http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/44936

Secretaria del agua. (2014). *Norma de diseño para el abastecimiento de agua potable,disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural. Recuperado el 28 de 11 de 2019,.* Obtenido de de https://www.agua.gob.ec/: https://www.agua.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2014/04/norma_rural_para_estudios_y_disenos.pdf

Toledo, I. C. (2020). *Folleto informativo de tecnología de aguas residuales. Agencia de Protección Ambiental de EEUU (EPA).* Obtenido de https://isa.ec/desinfeccion-mediante-luz-ultravioleta-cloro-y-ozono/.

Torres, A. (s.f.). *Analisis de Aguas Residuales.* Granada. Obtenido de http://a21-granada.org/red-gramas/images/Presentacion_ANTONIO.pdf

TULSMA. (2015). Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes : recurso agua. Obtenido de http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu112180.pdf

Váldes, i., Curt, M. D., & Fernández, J. (2005). *Tolerancia de Phragmites y Typha a la contaminaciòn del agua.* Lorca: en Memoria del encuentro Internacional en Fitodepuración.

Valdivielso, A. (2014). *iagua.* Obtenido de https://www.iagua.es/respuestas/que-es-caudal

Valle Pazmiño, V. (2016). *Evaluación de parámetros físicos, químicos y microbiológicos en el agua residual doméstica de la ciudad de quito.* Quito. Recuperado el Enero de 2021, de https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/13727/1/UPS%20-%20ST002819.pdf

Villacis, A. (2011). *"Estudio de un Sistema de Depuración de Aguas Residuales para reducir la contaminación de Río Ambato y los sectores aledaños, en el sector de Pisocucho, de la parroquia Izamba, del Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua.".*

Wikipedia. (27 de octubre de 2020). *Wikipedia- Coliforme fecal.* Obtenido de https://en.wikipedia.org/wiki/Fecal_coliform

Zaldumbide, F. (2018). *Fundamento y operacion de tratamiento de agua potable municipal e iondustrial.* Ambato: Consecam. Recuperado el 23 de Octubre de 2020

Zambrano. (2015). *Recoleción de aguas residuales. Recuperado el 27 de 11 de 2019.* Bogota: Memoine Editores. .

Zarepta, O. (27 de mayo de 2015). *Civilgeeks.com.* Obtenido de https://civilgeeks.com/2015/05/27/los-biodigestores-importancia-y-beneficios/

CAPITULO VII

7. ANEXOS

7.1 Anexos.



ANEXO 1 En esta casa no cuenta con un pozo séptico



ANEXO 2 Entrevista a una moradora del barrio



ANEXO 3 Estero S/N con contaminación



ANEXO 4 Lugar donde depositan las aguas residuales domésticas

ANEXO 6 Ubicación del Barrio



ANEXO 5 Estero contaminado



ANEXO 7 Estero S/N contaminado ya que aquí son depositadas las aguas residuales de algunas viviendas.

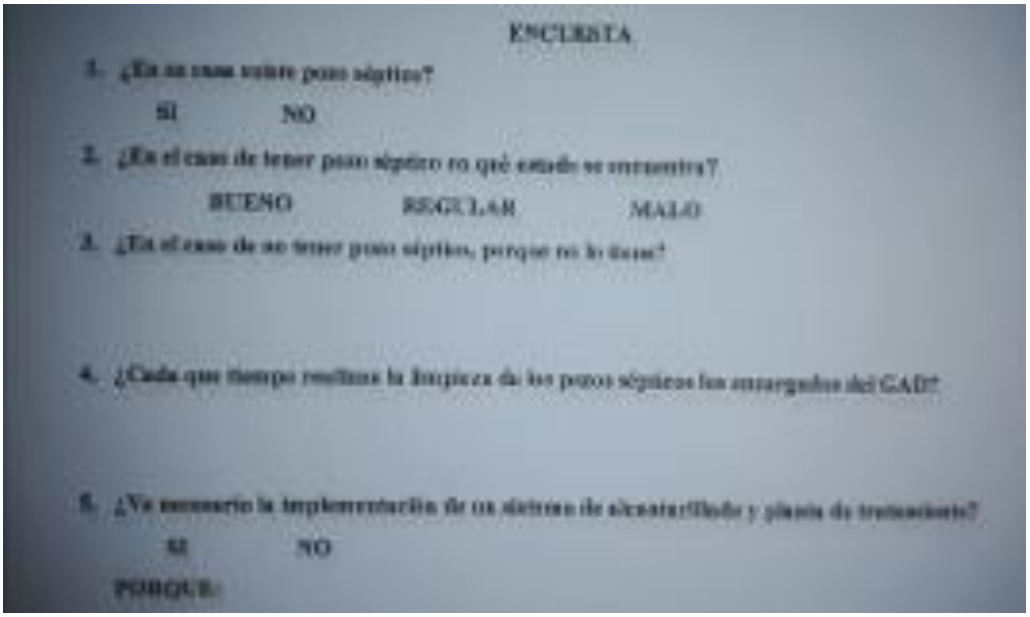


ANEXO 8 Entrevista por parte de María Fernanda a la secretaria del barrio, para corroborar datos de población actual.



7.2 APÉNDICE.

- ENCUESTA A LOS MORADORES



ENCUESTA

1. ¿En su casa existe pozo séptico?

   SI NO

2. ¿En el caso de tener pozo séptico en qué estado se encuentra?

   BUENO REGULAR MALO

3. ¿En el caso de no tener pozo séptico, porque no lo tiene?

4. ¿Cada que tiempo realizan la limpieza de los pozos sépticos los encargados del CAD?

5. ¿Ve necesario la implementación de un sistema de alcantarillado y planta de tratamiento?

   SI NO

   PORQUE