UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

INGENIERO AMBIENTAL

TEMA:
PROPUESTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS MEDIANTE BIOFILTROS PARA EL CENTRO DE DESARROLLO PRIORITARIO NUEVA ESPERANZA UBICADO EN EL CANTÓN CARLOS JULIO AROSEMENA TOLA.

AUTORES:
FREIRE TIXE JENNIFER PAOLA
GAMBOA GUALPA JISSETH MARISOL

TUTOR:
MSc. RUBEN DARIO LEDESMA ACOSTA

PUYO-ECUADOR
2020-2021

DECLARATORÍA DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Quienes suscriben Freire Tixe Jennifer Paola con C.I. 1500906605 y Gamboa Gualpa Jisseth Marisol con C.I. 0550667430, hacen constar que son los autores del Proyecto de Investigación titulado: "Propuesta de tratamiento de agua residuales doméstica mediante biofiltros para el Centro de desarrollo prioritario Nueva Esperanza ubicada en el cantón Carlos Julio Arosemena Tola", el cual constituye una elaboración personal realizada únicamente con la dirección del Tutor de dicho trabajo MSc. Ruben Dario Ledesma Acosta. 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 Tena, a los 25 días del mes de febrero del 2021.





Freire Tixe Jennifer Paola

CI: 1500906605

Gamboa Gualpa Jisset Marisol

C.I. 0550667430

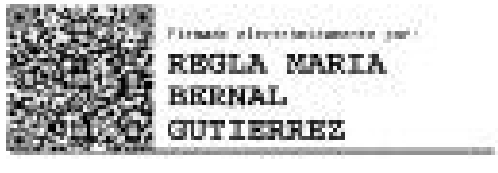
CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR EL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

El tribunal de sustentación del proyecto de investigación y desarrollo aprueba el proyecto de Investigación/Trabajo de Integración Curricular titulado: **PROPUESTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICA MEDIANTE BIOFILTROS PARA EL CENTRO DE DESARROLLO PRIORITARIO NUEVA ESPERANZA UBICADA EN EL CANTÓN CARLOS JULIO AROSEMENA TOLA.**



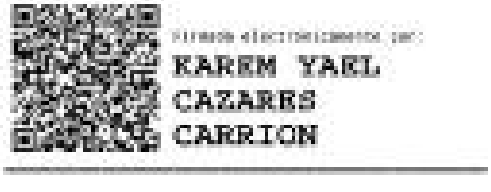
MSc. Paul Manobanba Pinto

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



MSc. Regla Bernal

MIEMBRO DEL TRIBUNAL



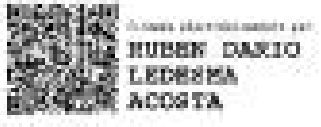
MSc. Karem Cazares

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

CERTIFICADO DE PORCENTAJE DE SIMILITUD OBTENIDO EN EL SISTEMA ANTI PLAGIO

Quien suscribe el presente M.Sc Rubén Darío Ledesma Acosta, con CI: 1600·431827, certifica que el Proyecto de Investigación/Trabajo de Integración Curricular titulado: "PROPUESTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS MEDIANTE BIOFILTROS PARA EL CENTRO DE DESARROLLO PRIORITARIO NUEVA ESPERANZA UBICAD1 O EN EL CANTÓN CARLOS JULIO AROSEMENA TOLA, ha sido examinado a través del sistema Antiplagio URKUND y presenta un porcentaje de similitud del 6 % .

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



DIRECTOR DEL PROYECTO, DE INVESTIGACIÓN/TRABAJO DE INTEGRACION CURRICULAR

©2020, Jennifer Paola Freire Tixe, Jisset Marisol Gamboa Gualpa.

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.

Quienes suscriben Jennifer Paola Freire Tixe y Jisseth Marisol Gamboa Gualpa, declaramos que el presente proyecto de investigación es de nuestra autoría y que los resultados de este son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen 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.





Freire Tixe Jennifer Paola

No. Cédula: 1500906605

Gamboa Gualpa Jisset Marisol

No. Cédula: 0550667430

DEDICATORIA

A Dios por mantenerme firme en mis estudios y darme la fortaleza y sabiduría para lograr mis metas guiándome por el camino correcto.

A mis padres Luis y Paquita por ser el pilar fundamental en mi vida siendo mis guías, mis protectores y lo que más admiro.

A mis hermanos Wilson, Geovanny, Natali, Gabriel y Gisela por siempre guiarme y brindarme su apoyo incondicional.

A mis queridas amigas por alentarme y darme ánimos en este largo y hermoso camino.

Jennifer Freire

Dedico este proyecto final a mi familia en especial a mi madre y mi padre que son mi más profunda inspiración; también a mis hermanos y hermana porque cada uno de ellos ha ido aportando parte de su vida para formar la mía, todos han sido un ejemplo muy valioso para mí, quiero dedicarme este logro a mí porque en muchas ocasiones quise renunciar, sin darme cuenta que con esfuerzo todo se puede y no esta demás salir adelante aun que se esté lejos de la familia en otra ciudad, por último y no como una pieza menos importante en este capítulo de mi vida dedico este triunfo a los amigos que hice desde el primer día en la universidad esos amigos que entre risas, enojos, noches de estudio, tardes de deberes, almuerzos, se hicieron sentir como una segunda familia lejos del hogar.

Jisset Gamboa

AGRADECIMIENTO

Agradezco profundamente a mi querida Universidad Estatal Amazónica por darme la oportunidad de continuar con mis estudios y brindarme nuevas enseñanzas que son fundamentales para mi vida. A mis docentes por enseñarme y fortalecer nuevos conocimientos en mi formación académica que serán utilizados de la mejor manera a lo largo de mi vida. A mi familia por haberme guiado y transmitido buenos deseos.

A mi tutor MSc. Ruben Ledesma por guiarnos durante este proceso, por brindarnos el tiempo y los conocimientos necesarios para culminar con el proyecto de titulación.

Jennifer Freire

Agradezco a Dios por darme esta vida que la estoy viviendo, a mis padres que siempre me dieron la oportunidad de crecer ayudándome económica y moralmente teniéndome fe en lo que soy capaz de lograr, a la memorable Universidad Estatal Amazónica que me abrió sus puertas y brindo a sus mejores docentes que me compartieron todo lo que hoy se de la carrera, docentes que me enseñaron desde materia y algunos de apoco su vida.

Jisset Gamboa

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN xiv

ABSTRACT xv

CAPÍTULO I 1

Introducción 1

1.1 Planteamiento del problema 2

1.2 Objetivos 3

1.2.1 Objetivo general 3

1.2.2 Objetivo Especifico 3

1.3 Justificación 4

CAPÍTULO II 6

2.1 Fundamentación teórica 6

2.2 Agua residual 6

2.3 Tipo de tratamiento de aguas residuales 6

2.3.1 Aerobias 6

2.3.2 Anaerobias 6

2.4 Caracterización del agua residual 6

2.4.1 Físicos 7

2.4.2.1 Sólidos sedimentables 7

2.4.2.2 Sólidos suspendidos: 7

2.4.2.3 Sólidos totales: 7

2.4.3 Temperatura 7

2.4.4 Olores: 8

2.4.5 Color: 8

2.5 Químicos 8

2.5.2 Nutrientes: 8

2.5.3 Fósforo: 9

2.5.4 El nitrógeno: 9

2.6 Biológicos 9

2.6.1 DBO 9

2.6.2 DQO 9

2.7 Agua residual doméstica 10
2.8 Afluente: 11
2.9 Efluente: 11
2.10 Carga contaminante: 11
2.11 Carga máxima permisible 11
2.12 Eficiencia de tratamiento 11
2.13 Tratamiento de aguas residuales 12
2.14 Tratamiento preliminar 12
2.14.1 Trampa de grasa 12
2.14.2 Rejilla 12
2.15 Tratamiento primario: 12
2.15.1 Tanque Séptico: 12
2.16 Tratamiento Secundario 13
2.16.2 Biofiltro 13
2.17 Lodos 13
2.17.1 Lodos 13
2.17.2 Los lodos primarios 13
2.17.3 Lodos secundarios 13
2.18 Marco teórico 14
2.18.1 Humedales o pantanos construidos 14
2.18.2 Biofiltro Horizontal 14
2.19 Lecho filtrante 15
2.20 Tipo de filtros según el medio filtrante 15
2.20.1 Los filtros de arena: 15
2.20.2 Filtro de gruesos 15
2.21 Eficiencia de un biofiltro 16
2.22 Componentes de un biofiltro artificial 16
2.22.1 Plantas sumergidas 16
2.22.2 Plantas flotantes 16
2.23 Estructura de un Biofiltro 16
2.23.1 Sustrato o material granular 16
2.23.2 Plantas 16
2.23.3 Agua 17

2.24 Marco legal 17
Reglamento a la ley de Gestión Ambiental y control de la Contaminación Ambiental, Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: Recurso Agua. 17
Norma de diseño para de sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural 19
Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua 20
Ley de prevención y control de la contaminación ambiental 20
Acuerdo Ministerial 061 20
CAPÍTULO III 21
Metodología de la investigación 21
3.1 Localización de la Área de estudio 21
Mapa de ubicación de la zona de estudio 21
3.2 Tipo de investigación 22
3.3 Método de la investigación 23
3.4 Metodología para el primer objetivo, el diagnóstico de la actual disposición final de las aguas residuales domésticas del centro de desarrollo prioritario nueva esperanza. 23
3.5 Metodología para el segundo objetivo, sintetizar información bibliográfica de sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas, a base de biofiltros 23
3.6 Metodología para el tercer objetivo, Proponer el diseño de dimensionamiento a base de biofiltros para el tratamiento de aguas residuales domésticas a la PTAR del Centro de desarrollo prioritario Nueva Esperanza 24
3.6.1 Diseño de la planta de tratamiento mediante biofiltro 24
3.6.2 Población actual 24
3.6.3 Estimación de la Población Futura 25
CAPÍTULO IV 31
4.1 Resultados 31
4.1.1 Diagnosticar la situación actual con respecto a la disposición final del agua residual en la comunidad Nueva Esperanza 31
4.2 Resultado del análisis del muestreo de agua del río Apangora 35
4.2.1 Resultado del muestreo de agua del año 2016/12/20 a 2017/01/02. 35
4.2.2 Resultado del muestreo de agua del año 2017/11/01 a 2017/11/15 37
4.3 Sintetizar información bibliográfica de sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas, a base de biofiltros 40
CONCLUSIONES 49
RECOMENDACIONES 50

Referencias.....51

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características del agua residual 7
Tabla 2.Características comunes del agua residual doméstica 10
Tabla 3 Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce 18
Tabla 4. Características de la instalación de la PTAR 32
Tabla 5.Características de la fosa séptica 33
Tabla 6.Descripción de la reja de desbaste 33
Tabla 7.Diseño del tratamiento FAFA 34
Tabla 8.Sistemas de Biofiltros construidos en Centro América 40
Tabla 9.Promedio de los análisis efectuados en la planta Piloto de Masaya 41
Tabla 10.Rendimiento parcial del biofiltro de Dorméa en % 42
Tabla 11 . Funciones de las plantas en sistemas de tratamiento acuático. 43
Tabla 12 Plantas acuáticas emergentes utilizadas en tratamiento de aguas residuales 43
Tabla 13 Reducción del DBO5, en función del tiempo de retención y temperatura mayores de 20°C 45
Tabla 14 . Reducción de DBO5 como función del tiempo de retención y temperatura 45
Tabla 15. Datos de entrada al biofiltro. 45
Tabla 16. Dimensionamiento para cada unidad. 46
Tabla 17.Resultados del diseño de biofiltro 47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Mapa de ubicación de la zona d estudio 22
Figura 2. PTAR actual de aguas residuales 31
Figura 3.Tanque sedimentador 32
Figura 4.Tratamiento FAFA 34
Figura 5. Muestra de agua residual, entrada a planta de tratamiento Sector Nueva Esperanza 35
Figura 6.Muestra de agua residual, salida de la Planta de tratamiento Sector Nueva Esperanza 36
Figura 7. Muestra de agua del Río Apangora a 20 m aguas arriba del punto de descarga 36
Figura 8 Muestra de agua del Río Apangora a 100 m aguas abajo del punto de descarga 37
Figura 9. Muestra de agua residual, tomada en la entrada de la planta de tratamiento 37
Figura 10. Muestra de agua residual, tomada a la salida de la planta de tratamiento 38
Figura 11. Muestra de agua del río a 50 m aguas arriba de la planta de tratamiento 38
Figura 12. Muestra de agua del río a 50 m aguas abajo de la planta de tratamiento 39
Figura 13 Prototipo del diseño propuesto. 44

RESUMEN

Los sistemas de biofiltros son utilizados a nivel mundial siendo una alternativa eficiente y económica para la depuración de aguas residuales domésticas, son caracterizados por la capacidad de remoción de DBO, DQO, sólidos, coliformes etc. La construcción de biofiltros en distintas partes del mundo confirman la eficiencia de estos sistemas, por esta razón hemos propuesto un diseño de biofiltro.

Dentro de la propuesta expresada de tratamiento de agua residual doméstica mediante biofiltro, se consideró una de las mejores y óptimas opciones para el dimensionamiento de la Planta de tratamiento de aguas residuales del Centro de desarrollo prioritario Nueva Esperanza ubicado en el cantón Carlos Julio Arosemena Tola para dar solución al problema ambiental que presenta dicha PTAR el cual genera problemas ambientales. Se dio a conocer la situación actual de la PTAR, los resultados del análisis de laboratorio de la muestra de agua residual que es descargada al rió Apangora muestran que los coliformes fecales sobrepasan los límites de descarga del Texto Unificado de la Legislación del Ministerio del Ambiente(TULSMA), de acuerdo a los parámetros obtenidos se sintetizo información de distintos tratamiento a base de biofiltros en diferentes lugares (Nicaragua, El Salvador ,Honduras) donde han adoptado biofiltros subsuperficiales de flujo horizontal que han resultado eficientes por la capacidad de remoción de contaminantes para el tratamiento de aguas residuales, esto a demostrado que este tratamiento es apropiado para ser utilizado en pequeñas localidades y se propuso usar un biofiltro subsuperficial de flujo horizontal que tiene las características adecuadas para adaptarse al terreno y a las condiciones climáticas del lugar para el dimensionamiento de la PTAR que está conformada por un tratamiento primario de fosa séptica y un tratamiento secundario de Filtro anaerobio de flujo ascendente. El sistema tendrá una vida útil de 25 años y se consideró para una población futura de 429 habitantes.

Palabras clave: agua residual, biofiltro, contaminantes, efluente,

ABSTRACT

Biofilter systems are used worldwide, being an efficient and economical alternative for the treatment of domestic wastewater, they are characterized by the ability to remove BOD, COD, solids, coliforms, etc. The construction of biofilters in different parts of the world confirm the efficiency of these systems, for this reason we have proposed a biofilter design.

Within the proposed domestic wastewater treatment by biofilter, one of the best and optimal options was considered for the sizing of the wastewater treatment plant of the Nueva Esperanza priority development center located in the Carlos Julio Arosemena Tola canton to provide a solution to the environmental problem presented by said PTAR which generates environmental problems. The current situation of the PTAR was announced, the results of the laboratory analysis of the wastewater sample that is discharged into the Apangora river show that fecal coliforms exceed the discharge limits of the Unified Text of the Legislation of the Ministry of the Environment (TULSMA), according to the parameters obtained, information was synthesized from different treatment based on biofilters in different places (Nicaragua, El Salvador, Honduras) where horizontal flow subsurface biofilters have been adopted that have been efficient due to the pollutant removal capacity to wastewater treatment, this has shown that this treatment is appropriate to be used in small towns and it was proposed to use a horizontal flow subsurface biofilter that has the appropriate characteristics to adapt to the terrain and the climatic conditions of the place for the dimensioning of the PTAR that is made up of a treatment primary septic tank and a secondary treatment of upflow anaerobic filter. The system will have a useful life of 25 years and was considered for a future population of 429 in habitants.

Keywords: wastewater, biofilter, pollutans, effluent

CAPÍTULO I

Introducción

Actualmente más del 70% de las aguas residuales que se generan son devueltas al medio natural como ríos, mares o tierras sin ningún tratamiento. Esto impacta negativamente en la salud pública, la preservación de los recursos naturales, el medio ambiente y el sector productivo, siendo las poblaciones vulnerables con peor calidad de servicios, las que se llevan la peor parte. Las consecuencias económicas también son evidentes, en muchas ocasiones el costo del impacto generado por estos residuos supera a la inversión necesaria para depurar las propias aguas residuales. Por ejemplo, las fuentes de agua están cada vez más contaminadas, y requieren de procesos de potabilización más intensos y por lo tanto más costosos. Además, el agua contaminada suele ser el origen de múltiples enfermedades, lo cual no solo representa un gran riesgo para las personas sino que también aumenta considerablemente el gasto de los Estados en salud (Real, iagua, 2016).

En la investigación se realizó un diseño para el dimensionamiento para el tratamiento de agua residual en un sistema de biofiltro de flujo subsuperficial horizontal, evaluables, medibles y verificables, en donde se determinará los parámetros físicos, químicos y microbiológicos como el Ph, sólidos y otros elementos importantes para analizar los niveles de concentración en la entrada y salida de los biofiltros, "esta puede ser una excelente opción, una de las tecnologías más implantadas a nivel mundial para el tratamiento de las aguas residuales generadas en las pequeñas aglomeraciones urbanas" (Salas, iagua, 2018). Como es el caso de Nueva Esperanza objeto de estudio que tiene aproximadamente 277 habitantes, "principalmente por su capacidad de remoción de contaminantes ser una nueva alternativa tecnológica de tratamiento de aguas residuales que sean de bajo costo y de requerimientos sencillos de operación y mantenimiento" (Delgadillo O. , Camacho, Pérez, & Andrade, 2010).

La eficacia del tratamiento debe ser balanceada con el costo y la aplicación práctica, permitiendo de esta manera que el agua que se desea tratar pueda eliminar la mayor parte

de contaminantes presentes en la misma con la finalidad de que sus parámetros cumplan con los límites establecidos por las normas ambientales (TULSMA, 2017).

1.1 Planteamiento del problema

El Centro de desarrollo Prioritario Nueva Esperanza actualmente cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas, que se encuentra operando desde el año 2005 y tiene una deficiencia con respecto al mantenimiento adecuado y a los coliformes fecales que no cumple con el límite máximo permisible de descarga establecidos por el Reglamento a la ley de Gestión Ambiental y control de la Contaminación Ambiental, Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: Recurso Agua en los años 2016 y 2017 . De acuerdo a esta deficiencia encontrada se requiere implementar un biofiltro a dicha PTAR, la cual consta de un tratamiento primario que es una fosa séptica-sedimentador al que llegan las aguas residuales domésticas, proceso que realiza la separación de sólidos orgánica presentes y sedimentación de lodos por gravedad, antes de la disposición final tiene acceso a un proceso secundario al filtro anaerobio de flujo ascendente que tiene como relleno filtrante material pétreo, de esta manera se pretende depurar el agua residual, disminuyendo la carga contaminante que esta contiene.

De acuerdo con los resultados proporcionados por el GAD MUNICIPAL DEL CANTÓN CARLOS JULIO AROSEMENA TOLA se evidenció los análisis de los parámetros del agua residual en los años 2016y 2017, por esta razón se propone implementar el diseño de un biofiltro tomando en cuenta los tratamientos previos de la PTAR.

Las deficiencias encontradas dentro de los tratamientos ya mencionados requieren de un tratamiento que cuente con los procesos necesarios para depurar el agua residual de una mejor manera, adoptando a él sistema de biofiltro como estrategia para minimizar ciertos aspectos ambientales.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Analizar sistemas de tratamientos de aguas residuales doméstica a base de biofiltros para proponer un diseño de dimensionamiento de tratamiento en la PTAR del Centro de desarrollo prioritario Nueva Esperanza.

1.2.2 Objetivo Especifico

- Diagnosticar la situación actual con respecto a la disposición final del agua residual en el centro de desarrollo prioritario Nueva Esperanza
- Sintetizar información bibliográfica de sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas, a base de biofiltros.
- Proponer el diseño de dimensionamiento a base de biofiltros para el tratamiento de aguas residuales domésticas a la PTAR del Centro de desarrollo prioritario Nueva Esperanza.

.

1.3 Justificación

La importancia que tienen los humedales en cuanto a su riqueza biológica, diversidad de especies, productividad, fenómenos biológicos y hábitats únicos de fauna y flora hace que estos deban ser preservados (Vayrynen, SN).

En este estudio se persigue concebir sistemas de saneamiento y depuración cuyo funcionamiento sea sostenible a largo plazo. Es decir, se han de considerar tecnologías que posibiliten el cumplimiento de las normas de vertido, con un consumo energético lo más bajo posible y con la menor complejidad posible. Así mismo, se ha de crear sistemas adecuados de gestión que aseguren la sostenibilidad (Blangue & Rodier , 2013).

Se busca proponer un sistema de bajo costo, fácil operación y mantenimiento "Los sistemas de biofiltro son ampliamente utilizados a nivel mundial en el tratamiento de aguas residuales domesticas de pequeñas poblaciones, principalmente por su capacidad de remoción de contaminantes" (ROMERO , 1999).

Para disminuir la carga contaminante de los coliformes fecales que contiene el agua residual en la disposición final de la planta de tratamiento, y cumplir con los parámetros establecidos y mejorar las condiciones ambientales de la fuente hídrica a la que el efluente es descargado; se verá beneficiado el medio ambiente y los habitantes a tal punto de que la fuente hídrica se encuentre en condiciones óptimas para sus respectivos usos (Lopez , 2006).

Sabiendo la importancia que tienen los humedales en cuanto a sus bienes y servicios a nivel ambiental y social, el humedal del centro de desarrollo prioritario Nueva Esperanza presenta las herramientas necesarias para implementar un sistema de tratamiento de aguas residuales, el cual se encarguen de depurar la carga contaminante que se presentan en él (Mihelcic, 2001).

La implementación de este sistema de tratamiento ayudara a resolver problemas ecológicos y sociales, dado que la fuente hídrica se encuentra en descuido ciudadano por desconocimiento dentro de la área ambiental; los resultados futuros tras la proyección de este diseño arrojara nuevos porcentajes en los datos de muestreo de agua referente a los aspectos ambientales, dando una nueva oportunidad de tolerancia de vida acuática que serán favorables y darán paso a mejorar el funcionamiento y mantenimiento de la planta de tratamiento (Olivares , 2009).

El funcionamiento básicamente consiste en permitir el paso del agua residual a través de las diferentes zonas del lecho filtrante, la cual generalmente se adhiere la biomasa depurada, así como también se presentan otros procesos físicos tales como la filtración y la sedimentación, logrando que las aguas sean vertidas al ambiente sin causar un impacto negativo apreciable (salud, 25 de agosto del 2005).

CAPÍTULO II

2.1 Fundamentación teórica

2.2 Agua residual

Por aguas residuales se entiende a la acción y efecto en la que el hombre introduce materias contaminantes, formas de energía o inducir condiciones en el agua de modo directo o indirecto; implica alteraciones perjudiciales de su calidad con relación a los usos posteriores o con su función ecológica. Estas aguas que provienen del sistema de abastecimiento de agua de una población, después de haber sido modificadas por diversos usos en actividades domésticas, industriales y comunitarias. El agua residual está compuesta de componentes físicos, químicos y biológicos; es una mezcla de materiales orgánicos e inorgánicos, suspendidos o disueltos (Díaz, Alvarado, & Camacho, 2012).

2.3 Tipo de tratamiento de aguas residuales

2.3.1 Aerobias

Utilizan sistemas mecánicos y eléctricos. Se hace a través de la inyección de oxígeno, lodos activados y con bacterias aerobias.

2.3.2 Anaerobias

Utilizan sistemas naturales y físicos para eliminar del agua toda impureza y material orgánico, tratando de que el efluente final sea compatible con el medio ambiente. Al contrario de la aerobia, se realiza sin inyección de oxígeno y con bacterias anaerobias.

Este sistema es similar al que utiliza la naturaleza para purificar las aguas del planeta en ríos, lagos y mares (Escalante Soto , 2020).

2.4 Caracterización del agua residual

Es un proceso destinado al conocimiento integral y estadísticamente confiable de las características del agua residual (doméstica e industrial) e integrado por la toma de

muestras, medición de caudal e identificación de los componentes físicos, químicos, biológicos y microbiológicos (MAE, 2015)

Tabla 1. Características del agua residual

2.4.1 Físicos

Los componentes físicos de las aguas residuales son el color, el olor, los sólidos y la temperatura (Rodriguez, 2020).

CARACTERÍSTICAS DEL AGUA RESIDUAL		
Físicos	Químicos	Biológicos
• Sólidos • Temperatura • Olor • Color	• pH • Nutrientes • Fosforo • Nitrógeno	• DBO5 • DQO

2.4.2 Sólidos

2.4.2.1 Sólidos sedimentables : son aquellos que tienen una densidad mayor a la del líquido donde se encuentran, en este caso agua, y su remoción del agua o líquido a tratar es deseable por razones estéticas y de calidad bacteriológica del agua que se pretende consumir (Morono Saltos, 2017).

2.4.2.2 Sólidos suspendidos: Según (Pire, 2019) son contaminantes que afectan negativamente la estética del agua, ocasionando depósitos de lodo y demanda de oxígeno que puede generar condiciones anaerobias produciendo olores desagradables.

2.4.2.3 Sólidos totales:

Según (Carpio Galvan, 2017) “define como la materia que permanece como residuo después de la evaporación y secado a 103 - 105 °C”.

2.4.3 Temperatura: afecta el desarrollo de la vida acuática y las reacciones químicas y velocidades de reacción. El oxígeno es menos soluble en agua caliente que en agua fría. Este efecto se ve amplificado cuando se vierten cantidades

considerables de agua caliente a las aguas naturales del cuerpo receptor (Pire, 2019)

2.4.4 Olores: Son debidos a los gases liberados durante el proceso de descomposición de la materia orgánica. Las aguas residuales industriales pueden contener compuestos olorosos en sí mismos, o compuestos con tendencia a producir olores durante los diferentes procesos de tratamiento (Pire, 2019).

2.4.5 Color: Se refiere a la edad del agua residual, que puede ser determinada cualitativamente en función de su color y olor. El color del agua residual cambia gradualmente de gris a gris oscuro, para finalmente adquirir color negro. Algunas aguas residuales pueden añadir colores diferentes según sean los compuestos químicos que utilicen en su proceso productivo (Pire, 2019).

2.5 Químicos

Los componentes químicos más comunes en las aguas residuales son orgánicos (carbohidratos, grasas animales, aceites, pesticidas, fenoles, proteínas, contaminantes prioritarios, agentes tenso activos, compuestos orgánicos volátiles, etc.); inorgánicos (alcalinidad, cloruros, metales pesados, nitrógeno, PH, fósforo, contaminantes prioritarios y azufre); gases (sulfuro de hidrógeno, metano y oxígeno) (Rodriguez, 2020).

2.5.1 Ph: Este parámetro mide la concentración del ion hidrógeno, es de gran importancia para el caso de aguas residuales, ya que afecta la proliferación y desarrollo adecuado de la mayor parte de la vida biológica (se da en un margen estrecho y crítico de pH que oscila entre 6 y 9 unidades). Cuando la concentración del ion hidrógeno es inadecuada se presentan dificultades para utilizar tratamientos de depuración con procesos biológicos (Pire, 2019).

2.5.2 Nutrientes: los nutrientes juegan un papel importante en el tratamiento de efluentes, es necesario que exista una cantidad de nutrientes que permita un crecimiento adecuado de microorganismos suficientes para tratar la carga de contaminantes de las aguas residuales eficazmente, y se divide en dos grupos que son micronutrientes (fosforo y nitrógeno) y macronutrientes (Yañez Torrente, 2017).

Según (Sewervac Ibérica, 2018) el exceso de nutrientes hace que las plantas y otros organismos crezcan en abundancia. Durante su crecimiento y putrefacción, consumen gran cantidad del oxígeno disuelto y aportan materia orgánica (fango) en abundancia

2.5.3 Fósforo: es esencial para el crecimiento de los organismos. Las formas en que se puede encontrar en las aguas residuales, son ortofosfato, polifosfato y fosfato orgánico. El fosfato satisface los requerimientos de fósforo de todos los organismos y se necesita en niveles mucho más bajos que el nitrógeno. Al igual que éste, es responsable de la producción de procesos de eutrofización (Espigares & Pérez, s.f).

2.5.4 El nitrógeno: está presente en el agua residual reciente en forma de urea y proteínas, pero estos compuestos son fácilmente degradables por las bacterias, que los transforman en amonio, y a partir de él producen nitritos y nitratos (Espigares & Pérez, s.f).

2.6 Biológicos

Los componentes biológicos más habituales en las aguas residuales son animales y plantas (Rodriguez, 2020).

2.6.1 DBO: Demanda Biológica de Oxígeno es la cantidad de oxígeno que necesitan los microorganismos para degradar la materia orgánica biodegradable existente en un agua residual. Es por tanto una medida del componente orgánico que puede ser degradado mediante procesos biológicos (Hidrytec, 2016).

2.6.2 DQO: Demanda Química de Oxígeno es la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar toda la materia orgánica biodegradable y oxidable presente en un agua residual. Es por tanto una medida representativa de la contaminación orgánica de un efluente siendo un parámetro a controlar dentro de las distintas normativas de vertidos y que nos da una idea muy real del grado de toxicidad del vertido (Hidrytec, 2016)**.**

2.6.3 Relación de DBO5 Y DQO

La relación entre la y la DQO puede ser muy útil para el control y funcionamiento de las plantas de tratamiento, dado a que manteniendo una correlación entre ambos valores pueden emplearse las medidas de la DQO. Conociendo estos parámetros se puede estimar la cantidad de materia orgánica biodegradable que contiene el agua residual (Alvarado Zenteno & Cárdenas Cárdenas, 2015).

2.7 Agua residual doméstica

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, 2020).

Tabla 2.Características comunes del agua residual doméstica

Componente	**Unidad**	**Concentración**		
		Fuerte	**Media**	**Débil**
Sólidos totales.	mg/l	1200	720	350
Sólidos Disueltos.	mg/l	850	500	250
Sólidos Disueltos Fijos	mg/l	525	300	145
Sólidos Disueltos volátiles.	mg/l	325	200	105
Sólidos Suspendidos.	mg/l	350	220	100
Solidos suspendidos fijos.	mg/l	75	55	20
Solidos Suspendidos Volátiles.	mg/l	275	165	80
Solidos Sedimentables.	mg/l	20	10	5
Demanda Bioquímica de Oxígeno. DBO.	mg/l	400	220	110
Carbono Orgánico Total COT.	mg/l	290	160	80
Demanda Química de OxÍgeno DQO	mg/l	1000	500	250
Nitrógeno Total.	mg/l	85	40	20

Nitrógeno Orgánico.	mg/l	35	15	8
Nitrógeno Amoniacal.	mg/l	50	25	12
Nitritos.	mg/l	0	0	0
Nitratos.	mg/l	0	0	0
Fósforo Total.	mg/l	15	8	4
Fósforo Orgánico.	mg/l	5	3	1
Fósforo Inorgánico.	mg/l	10	5	3
Cloruros.	mg/l	100	50	30
Sulfatos.	mg/l	50	30	20
Alcalinidad CaCO3	mg/l	200	100	50
Aceites y Grasas.	mg/l	150	100	50
Coliformes Totales.	NMP/100ml	10^7a10^9	10^7a10^8	$10^{6a}10^7$
Compuestos Orgánicos Volátiles.	µg / l	>400	>400	>400

Fuente: (Metcalf & Eddy, 1991)

2.8 Afluente: "es el agua, agua residual u otro líquido que ingrese a un cuerpo de agua receptor, reservorio, planta de tratamiento o proceso de tratamiento" (MAE, 2015).

2.9 Efluente: Descarga o vertido líquido proveniente de un proceso productivo o de una actividad determinada (MAE, 2015).

2.10 Carga contaminante: Cantidad de un contaminante aportada en una descarga de aguas residuales, o presente en un cuerpo receptor expresada en unidades de masa por unidad de tiempo" (MAE, 2015).

2.11 Carga máxima permisible: "Es el límite de carga de un parámetro que puede ser aceptado en la descarga a un cuerpo receptor o a un sistema de alcantarillado" (MAE, 2015).

2.12 Eficiencia de tratamiento: relación entre la masa o concentración removida, de un parámetro específico y la correspondiente masa o concentración en el afluente, para un proceso o planta de tratamiento. Generalmente se expresa en porcentaje (MAE, 2015).

2.13 Tratamiento de aguas residuales

En el tratamiento de aguas residuales domésticas se pretende eliminar los contaminantes hasta alcanzar los valores máximos permisibles de acuerdo a las normas y estándares nacionales o internacionales. En virtud de la diversidad de contaminantes que se pueden presentar en las aguas residuales, la forma de tratarlos es también muy amplia, y por ende, las técnicas que se utilizan en estos procesos son diversas, éstas se clasifican según su operación, en convencionales y alternativas (Alvarado Zenteno & Cárdenas Cárdenas, 2015).

2.14 Tratamiento preliminar

Procesos para remoción de sólidos gruesos, flotantes, grasas, procesos de compensación y ajustes de pH (MAE, 2015).

2.14.1 Trampa de grasa: el objetivo de la trampa de grasa es atrapar el aceite y la grasa para su fácil recolección y eliminación. Las trampas de grasa son cámaras hechas de ladrillo, concreto o plástico, con una tapa para sellar los malos olores. Los deflectores en la entrada y la salida previenen la turbulencia en la superficie del agua y separan los componentes flotantes del efluente (Tilley et al, 2018, pág. 101)

2.14.2 Rejilla: La rejilla tiene como objetivo evitar que los sólidos gruesos (plásticos, trapos y otros tipos de basura) entren al sistema de alcantarillado o a la planta de tratamiento. Los sólidos quedan atrapados en las rejillas o armazones inclinados. El espacio entre las barras de la rejilla suele ser de 15 a 40 mm, dependiendo de los patrones de limpieza. Las rejillas pueden limpiarse a mano o con un rastrillo mecánico (Tilley et al , 2018, pág. 102).

2.15 Tratamiento primario:

Contempla el uso de operaciones físicas para la reducción de sólidos sedimentables y flotantes presentes en el agua residual, como: cribado, desarenado, sedimentación y manejo y disposición final de sólidos generados en este proceso (MAE, 2015).

2.15.1 Tanque Séptico: Es un tanque de sedimentación de acción simple, en el que los lodos sedimentados están en contacto inmediato con las aguas negras que

entran al tanque, mientras los sólidos orgánicos se descomponen por acción bacteriana anaerobia (norma técnica I.S.020, s.f.).

2.16 Tratamiento Secundario

Se realiza mediante la acción de microorganismos que consumen la materia orgánica y la transforman en nuevas células biodegradables o fáciles de retirar. Las nuevas células forman flóculos más pesados que deben separarse del agua con el fin de completar el tratamiento y reducción de DBO5 y DQO (Nuevo, Tratamientos secundarios en depuración de aguas residuales, 2018).

2.16.1 FAFA (Filtro anaerobio de flujo ascendente)

Según (Gomez, 2008) un filtro de flujo ascendente se encarga de transformar la materia orgánica soluble presente en el agua residual, su eficacia es del 60%

2.16.2 Biofiltro

Son dispositivos utilizados para la remoción de contaminantes en el agua. Su uso contribuye a evitar la contaminación de cuerpos de agua superficiales y subterráneos, causada por verter directamente el agua residual (Unidad de Ecotecnología Unam, s.f.)

2.17 Lodos

2.17.1 Lodos: Los sólidos depositados por las aguas negras, o desechos industriales, crudos o tratados, acumulados por sedimentación en tanques y que contienen más o menos agua para formar una masa semilíquida (norma técnica I.S.020, s.f.)**.**

2.17.2 Los lodos primarios: se producen en la sedimentación primaria, en la cual se remueven sólidos sedimentables. La cantidad depende de la carga superficial o tiempo hidráulico de retención. En la sedimentación primaria con químicos se produce más lodo, producto de una mayor remoción y de la precipitación química de la materia coloidal (Limón Macías, 2013).

2.17.3 Lodos secundarios: se producen en procesos de tratamiento biológicos que convierten residuos o substratos solubles en biomasa. También incluyen la materia particulada que permanece en el agua después de la sedimentación primaria y que se incorpora en la biomasa (Limón Macías, 2013).

2.18 Marco teórico

El biofiltro es un sistema que imita a los humedales (pantanos) naturales, donde las aguas residuales se depuran por procesos naturales. Los biofiltros son humedales artificiales de flujo subterráneo, diseñados para maximizar la remoción de los contaminantes que se encuentran en las aguas residuales. Los biofiltros son pilas de poca profundidad rellenadas con un material que sirve como lecho filtrante, en cuya superficie se siembran plantas de pantano, y en las que las aguas residuales pretratadas fluyen en sentido horizontal o vertical. Esta tecnología se comenzó a investigar a nivel experimental en Alemania en la década de 1960, aunque no fue hasta en las dos últimas décadas del siglo pasado que comenzaron a utilizarse para el tratamiento de aguas residuales generadas por pequeños núcleos poblacionales en países de todos los continentes del mundo. En la región centroamericana, los biofiltros comenzaron a ser utilizados en el año 1996, con la construcción de una planta piloto en la ciudad de Masaya, Nicaragua (Gauss, Biofiltro: Una opcion sostenible para el tratamiento de aguas residuales en pequeñas localidades, Abril 2006).

2.18.1 Humedales o pantanos construidos

Los humedales artificiales son zonas construidas por el hombre en las que, de forma controlada, se reproducen mecanismos de eliminación de contaminantes presentes en aguas residuales, que se dan en los humedales naturales mediante procesos físicos, biológicos y químicos. El carácter artificial de este tipo de humedales viene definido por: el confinamiento del humedal, el cuál se construye mecánicamente y se impermeabiliza para evitar pérdidas de agua al subsuelo, el empleo de sustratos diferentes del terreno original para el enraizamiento de las plantas y la selección de las plantas que van a colonizar el humedal (Reija , 16 de Mayo del 2013).

2.18.2 Biofiltro Horizontal

En los Humedales o Biofiltro Horizontales la alimentación se efectúa habitualmente de forma continua, aunque también pueden funcionar de forma intermitente, si fuese necesario bombear las aguas residuales. Las aguas circulan horizontalmente, atravesando un sustrato filtrante de gravilla-grava de unos 0,6 m de espesor, en el que se fija la vegetación. A la salida de los humedales, una tubería flexible permite controlar el nivel de

encharcamiento, que suele mantenerse unos 5 cm por debajo del nivel de los áridos, lo que impide que las aguas sean visibles (Salas, iagua, 2018).

2.19 Lecho filtrante

Sus funciones principales son eliminar los sólidos que contienen las aguas pre tratadas y proporcionar la superficie donde se desarrollarán los microorganismos que se encargarán de degradar aeróbica y anaeróbicamente la materia contaminante, además de constituir el medio utilizado por las raíces de las plantas macrófitas para su fijación y desarrollo (Programa de Agua y Saneamiento, América Latina y el Caribe, 2016).

2.20 Tipo de filtros según el medio filtrante

2.20.1 Los filtros de arena: son utilizados para filtración de aguas con una carga de sólidos baja o media. Estos filtros consiguen una retención de partículas de hasta 5 micras. Los sólidos en suspensión que lleva el agua son retenidas durante su paso a través del lecho de arena. Una vez colmatado el filtro puede ser regenerado por lavado a contra corriente (S.L, s.f.).

2.20.2 Filtro de gruesos: consiste de dos o más unidades en paralelo compuestas de tres capas de grava de diferente tamaño, desde gruesa en la parte inferior hasta fina en la superficie .Debido a que la grava usada es relativamente gruesa, la pérdida de carga sobre el lecho de filtración es muy pequeña (alrededor de 0,01m). En la superficie opuesta a la zona de entrada hay un vertedero de salida de cresta delgada con una altura entre 0,03 y 0,05 m sobre el lecho de grava (Sanchez,Sanchez,Galviz,Larotte, 2007).

El diseño geométrico de los filtros varía considerablemente en función del tipo de filtro: superficial, subterráneo, perimetral, orgánico y pequeños filtros. Sin embargo, hay una serie de relaciones geométricas y requisitos físicos mínimos que deben vigilarse para la adecuada eliminación de contaminantes y la facilidad de la realización de las tareas de mantenimiento (Abellán, 2014).

El filtro debe consistir en una capa de arena lavada de unos 0,45 a 0,6 m de espesor situada por encima de un sistema de drenes inferiores. Los filtros superficiales pueden, si es necesario, tener una capa de tierra vegetal o grava de aproximadamente 75 mm de

profundidad. Y en otros casos, los filtros orgánicos, la arena se sustituye por compost (Abellán, 2014).

2.21 Eficiencia de un biofiltro

El sistema de biofiltro proporciona un efluente que puede ser vertido al ambiente sin causar un impacto negativo apreciable, dada su baja concentración de contaminantes (Programa de Agua y Saneamiento, América Latina y el Caribe, 2016)

2.22 Componentes de un biofiltro artificial

Las plantas utilizadas en los humedales suministran oxígeno y mantienen el ambiente adecuado para el crecimiento de microorganismos.

2.22.1 Plantas sumergidas: se distingue por la habilidad de estas plantas para absorber oxígeno, dióxido de carbono, y minerales de la columna de agua. Las plantas sumergidas se inhiben fácilmente por la turbiedad alta en el agua porque sus partes fotosintéticas están debajo del agua (Jmalpica, 2015)

2.22.2 Plantas flotantes: "se distingue por la habilidad de estas plantas para derivar el dióxido carbono y las necesidades de oxígenos de la atmósfera directamente. Las plantas reciben sus nutrientes minerales desde el agua" (Jmalpica, 2015).

2.23 Estructura de un Biofiltro

La construcción de un biofiltro requiere un conocimiento técnico y un personal calificado. De manera muy sencilla, las tres partes fundamentales de un biofiltro son:

2.23.1 Sustrato o material granular

Tiene la función de soporte a la vegetación y posibilita la fijación de la biopelícula bacteriana que intercede en la gran mayoría de los procesos de eliminación de contaminantes orgánicos de las aguas residuales.

2.23.2 Plantas

En su mayor parte son plantas macrófitas emergentes que intervienen en a la oxigenación del sustrato radical y a la eliminación de contaminantes por absorción.

2.23.3 Agua

El agua residual con alta carga de contaminación aporta el alimento a las plantas y después de atravesar el humedal pierde esa DBO5, sólidos en suspensión, y retorna al cauce en unos parámetros de calidad superiores al inicio del tratamiento (Nuevo, Tecpa, 2020).

2.24 Marco legal

Según (Constitución de la República del Ecuador, 2008) las políticas enfocadas al cuidado y protección del ambiente el Art.14 corresponde a la sección segunda a un ambiente sano y el Art. 71 del capítulo séptimo que corresponde a los derecho de la naturaleza.

Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, sumak kawsay. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

Art. 71.- La naturaleza o Pacha Mama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos. Toda persona, comunidad, pueblo o nacionalidad podrá exigir a la autoridad pública el cumplimiento de los derechos de la naturaleza. Para aplicar e interpretar estos derechos se observarán los principios establecidos en la Constitución, en lo que proceda. El Estado incentivará a las personas naturales y jurídicas, y a los colectivos, para que protejan la naturaleza, y promoverá el respeto a todos los elementos que forman un ecosistema.

Reglamento a la ley de Gestión Ambiental y control de la Contaminación Ambiental, Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: Recurso Agua.

Dentro del límite de actuación, los municipios tendrán la facultad de definir las cargas máximas permisibles a los cuerpos receptores de los sujetos de control, como resultado del balance de masas para cumplir con los criterios de calidad para defensa de los usos asignados en condiciones de caudal crítico y cargas contaminantes futuras. Estas cargas máximas serán aprobadas y validadas por la Autoridad Ambiental Nacional y estarán consignadas en los permisos de descarga (MAE, 2015).

Tabla 3 Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites 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	2,0
Boro Total	B	mg/l	2,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN´	mg/l	0,1
Cinc	Zn	mg/l	5,0
Cloro activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Ext. Carbón cloroformo	mg/l	0,1
Clororuros	Cl	mg/l	1000
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100ml	2000
Color real	Color real	unidades de color	Inapreciable en dilución
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,2
Cromo hexavalente	Cr^{+6}	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno(5días)	DBO_5	mg/l	100
Demanda Química de Oxigeno	DQO	mg/l	200
Estaño	Sn	mg/l	5,0
Fluoruros	F	mg/l	5,0
Fosforo Total	P	mg/l	10,0
Hierro Total	Fe	mg/l	10,0
Hidrocarburos totales de petróleo	TPH	mg/l	20,0
Manganeso total	Mn	mg/l	2,0
Materia Flotante	Visibles	mg/l	Ausencia 0.005
Mercurio total	Hg	mg/l	0,005
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno amoniacal	N	mg/l	30,0
Nitrógeno Total Kjedahl	N	mg/l	50,0

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 hidrógeno	Ph	mg/l	6,9
Selenio	Se	mg/l	0,1
Sólidos suspendidos totales	SST	mg/l	130
Sólidos totales	ST	mg/l	1600
Sulfatos	SO^{-2}_4	mg/l	1000
Sulfuros	S	mg/l	0,5
Temperatura	C	mg/l	Condiciones naturales
Tenso activos	Sustancias Activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1.0

Fuente: (MAE, 2015).

Norma de diseño para de sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural.

La norma que se toma en cuenta constituye una actualización de las disposiciones de diseño dentro de la norma CO 10.07-602, su objetivo es que cumplan de carácter obligatorio las disposiciones de esta norma para que sean aprobadas por el instituto ecuatoriano de obras sanitarias (Secretaria del Agua, s.f.).

Es indispensable que todos los diseños de sistemas de agua potables, la disposición de las excretas y los residuos líquidos se efectúen bajo un marco adecuado para la realidad de la población rural, para esto se considera la presente norma donde considera la aplicación de tecnologías apropiadas y la participación de la comunidad para la planificación, construcción, operación, mantenimiento, y administración del sistema (Secretaria del Agua, s.f.).

Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua

Según (Asamblea Nacional Constituyente del Ecuador, 2014) en la Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua menciona los siguientes Art 12 y 66.

Artículo 12.- Protección, recuperación y conservación de fuentes. El Estado, los sistemas comunitarios, juntas de agua potable y juntas de riego, los consumidores y usuarios, son corresponsables en la protección, recuperación y conservación de las fuentes de agua y de la participación en el uso y administración de las fuentes de aguas que se hallen en sus tierras, sin perjuicio de las competencias generales de la Autoridad Única del Agua de acuerdo con lo previsto en la Constitución y en esta Ley.

Artículo 66.- Restauración y recuperación del agua. La restauración del agua será independiente de la obligación del Estado y las personas naturales o jurídicas de indemnizar a los individuos y colectivos afectados por la contaminación de las aguas o que dependan de los ecosistemas alterados. La indemnización económica deberá ser invertida en la recuperación de la naturaleza y del daño ecológico causado; sin perjuicio de la sanción y la acción de repetición que corresponde. Si el daño es causado por alguna institución del Estado, la indemnización se concretará en obras.

Ley de prevención y control de la contaminación ambiental

Art. 6.- Queda prohibido descargar, sin sujetarse a las correspondientes normas técnicas y regulaciones, a las redes de alcantarillado, o en las quebradas, acequias, ríos, lagos naturales o artificiales, o en las aguas marítimas, así como infiltrar en terrenos, las aguas residuales que contengan contaminantes que sean nocivos a la salud humana, a la fauna, a la flora y a las propiedades.

Acuerdo Ministerial 061

Según (Ministerio del Ambiente, 2015) en el parágrafo I en los siguientes Art 209 y 2011 se menciona:

Art. 209 De la calidad del agua. -Son las características físicas, químicas y biológicas que establecen la composición del agua y la hacen apta para satisfacer la salud, el bienestar de la población y el equilibrio ecológico. La evaluación y control de la calidad de agua, se la

realizará con procedimientos analíticos, muestreos y monitoreo de descargas, vertidos y cuerpos receptores; dichos lineamientos se encuentran detallados en el Anexo I.

Art. 211 Tratamiento de aguas residuales urbanas y rurales. - La Autoridad Ambiental Competente en coordinación con la Agencia de Regulación y Control del Agua, verificará el cumplimiento de las normas técnicas en las descargas provenientes de los sistemas de tratamiento implementados por los Gobiernos Autónomos Descentralizados.

CAPÍTULO III

Metodología de la investigación

3.1 Localización de la Área de estudio

El Centro de desarrollo Prioritario Nueva Esperanza se encuentra ubicada en el Canto Carlos Julio Arosemena Tola en las siguientes coordenadas latitud 1°07'00"S longitud 77°49'01"W de 500 m.s.n.m., un clima templado húmedo, la temperatura oscila entre los 22º C. y 25º C, y el rango de precipitación es de 4100 – 4400 mm, cuenta con una planta de tratamiento para su tratamiento previo a las aguas residuales domésticas que se encuentra a 50 m desde la escuela Padre Juan de Velasco de la comunidad en la entrada del rio Anzu y 100m la derecha se ubica la PTAR.

Mapa de ubicación de la zona de estudio



Figura 1 Mapa de ubicación de la zona d estudio

3.2 Tipo de investigación

En el presente proyecto se realizó una investigación cualitativa, de tipo exploratoria cualitativa- documental, de acuerdo a su aplicabilidad y a los objetivos planteados se revisó información bibliográfica existente e información de (informes técnicos, estudios de laboratorio de muestras de agua residual que fue otorgada por el GAD MUNICIPAL DE CARLOS JULIO AROSEMENA TOLA,revistas,artículos,tesis que se relacionan con el tratamiento de aguas residuales a base de biofiltros , fueron utilizadas para reconocer variables que se incluyeron en la investigación y el desarrollo de la propuesta de un diseño de biofiltro subsuperficial de flujo horizontal.

Tomando en consideración el tipo de investigación que se empleó en la investigación y la problemática que se planteó se establece que:

- Se analizó, reviso la situación actual y sintetizó información bibliográfica de diferentes lugares que utilizan el tratamiento de biofiltro.

- Se encontró una solución al problema del tratamiento de agua residual que no fue tomado en cuenta en el pasado, el cual pondrá solución al problema de depuración de agua según el diseño elegido.

3.3 Método de la investigación

Para el desarrollo de este proyecto se argumentó en función a cada uno de los objetivos que han sido propuesto ante el diseño de un sistema de planta de tratamiento de aguas residuales domésticas.

3.4 Metodología para el primer objetivo, el diagnóstico de la actual disposición final de las aguas residuales domésticas del centro de desarrollo prioritario nueva esperanza.

Se inicia con la revisión documental del PDOT de Carlos Julio Arosemena Tola, informes técnicos relacionados a problemas de las aguas residuales de la comunidad, estadísticas y censos desde el 2010 otorgado tras oficios enviados al GAD Municipal y revisión antes realizadas de estudios para tratamientos de aguas residuales en comunidades.

De acuerdo a los datos de la situación actual de la PTAR se mencionó las características de la infraestructura que conforma los tratamientos: reja de desbaste, fosa séptica, Filtro Anaerobio de Filtro Ascendente; continuamente se realizó el análisis del muestreo de agua residual y agua del río Apangora que fue elaborado por el laboratorio PEE-LABSU de los años 2016,2017; esta información fue otorgada por el GAD Municipal del Cantón Carlos Julio Arosemena Tola.

3.5 Metodología para el segundo objetivo, sintetizar información bibliográfica de sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas, a base de biofiltros.

Se procedió a realizar la revisión de diferentes fuentes bibliográficas (libros, artículos, revistas, tesis, etc.) para obtener información de diferentes lugares que han utilizado el tratamiento de biofiltro y a resultado eficiente en el tratamiento de aguas residuales domésticas, tomando en cuenta que este tratamiento se adapte al lugar de estudio.

Los biofiltros son dispositivos utilizados para la remoción de contaminantes en el agua. Su uso contribuye a evitar la contaminación de cuerpos de agua superficiales y subterráneos, causada por verter directamente el agua residual (ECOTEC, 2020), dando

a notar que a nivel doméstico este método es utilizado para el tratamiento de aguas residuales particularmente las aguas grises, sabiendo que este lleva su trabajo mediante microorganismos que degradan biológicamente los contaminantes, este sistema está adaptado a este método de investigación por ser adecuado para pequeñas poblaciones.

3.6 Metodología para el tercer objetivo, Proponer el diseño de dimensionamiento a base de biofiltros para el tratamiento de aguas residuales domésticas a la PTAR del Centro de desarrollo prioritario Nueva Esperanza

Para realizar la propuesta del dimensionamiento del tratamiento a base de biofiltro en la PTAR de Nueva Esperanza se tomó en consideración varias características como: tipo de clima , temperatura ,población actual , caudales, para mejorar el tratamiento de aguas residuales se propuso el sistema de biofiltro subsuperficial de flujo horizontal que consiste en un diseño adecuado y manejable para dicha comunidad, ya que por intermedio de este sistema dará una mayor eficiencia de remoción de carga contaminante y asegura que el agua tratada sea idónea para los interés deseados de la población.

3.6.1 Diseño de la planta de tratamiento mediante biofiltro

Al diseñar un sistema de tratamiento de aguas residuales se tiene que conocer la carga contaminante y caudal que ingresan a la PTAR. Para ello se tiene que conocer la población del lugar donde se va a instalar el sistema y la tasa de crecimiento que se va a tener en los 25 años siguientes ya que este sistema se va a diseñar con una proyección al año 2046, es importante tener la tasa de crecimiento para que el sistema no quede obsoleto o sea insuficiente frente a las necesidades de la población.

3.6.2 Población actual

Según el último censo de población y vivienda realizado por el INEC en el año 2010,el Centro de desarrollo Prioritario Nueva Esperanza tiene una población de 277 habitantes, la tasa de crecimiento demográfico en el periodo intercensal del año 2001-2010 es de 1,77% y una área de 16,78 Ha.

3.6.3 Estimación de la Población Futura

La población futura se determina mediante métodos de cálculo poblacional que son: aritméticos, geométricos, logarítmico entre otras, en esta proyección se utilizó el método geométrico, la ecuación es la siguiente.

Dónde

Pf: Población futura

Pa: Población actual

r: Tasa de crecimie

n: Periodo de diseño

$$\frac{C_o}{Ce} = e^{(-K_{t*t})}$$

- **Calculo de población futura**

- Población actual: 277 habitantes
- Tasa de crecimiento anual: 1,77%
- Periodo de diseño: 25años

$$Pf = Pa(1 + \frac{r}{100})^n$$

$$Pf = 277hab(1 + (1{,}77\%)/100\ )\text{^}25$$

Pf: ***429hab***

Fórmulas para el cálculo del diseño del biofiltro

Los humedales construidos pueden ser considerados como reactores biológicos de biomasa adherida y su funcionamiento para la remoción de la DBO y el nitrógeno puede ser estimado de acuerdo con una cinética de primer orden para un reactor con flujo pistón. Las relaciones básicas para los reactores con flujo pistón son las siguientes: (M., 1991)

- Al emplear un reactor con flujo pistón la concentración en el afluente (Co), si se le observa en un plano toda la concentación, es igual, pero va a ir cambiando poco a poco por la concentración en el efluente (Ce) (Rodríguez-González, 2013).y se comportara como la ecuación utilizada a continuación.

Donde:

Ce: Concentración en el efluente (mg/L)

Co: Concentración en el a

K_t: Constante a la temper $t = \frac{Ln \frac{C_O}{C_e}}{K}$ al (días $^{-1}$)

t: tiempo hidráulico de retención (días)

- Para que la constante a la temperatura del agua residual (días $^{-1}$) tenga un valor positivo se empleara el logaritmo natural a ambos lados tanto en la concentración en el efluente y concentración en el afluente teniendo asi la siguiente ecucación: (Zaldívar-Jiménez, 2012)

Donde:

Ln: Logaritmo natural

Ce: Concentración en el efluente (mg/L)

Co: Concentración en el afluente (mg/L)

K_t: Constante a la temperatura del agua residual (días $^{-1}$)

t: tiempo hidráulico

- Después se procede $Ln \frac{C_e}{C_o} = -K * t$ le retención (días), para obtener así la siguiente ecua

Donde,

t: tiempo hidráulico de retención (días)

Ln: Logaritmo natural

Co: Concentración en el afluente (mg/L)

Ce: Concentración en el efluente (mg/L)

K_t: Constante a la temperatura del agua residual (días)

- Simultáneamente se tiene que emplear la ecuación de Caudal (Q), la cual se sabe que es la siguiente según (Erazo, 2014).

Donde,

Q: Caudal (m3/ día)

V: Volumen (m^3)

t: Tiempo (día)

$$\frac{As * d * n}{Q} = \frac{Ln\frac{C_o}{C_e}}{K}$$

- En este caso el volumen del sistema va a estar dado por la porosidad que se encuentra en el área super[illegible] las siguientes ecuaciones: (Erazo, 2014)

$$Q = \frac{V}{t}$$

Donde:

Q: Caudal (m3/ día)

As: Área superficial (m^2)

V: Volumen (m^3)

[illegible] n)

$$Q = \frac{V}{t} = \frac{As * d * n}{t} \longrightarrow t = \frac{As * d * n}{Q}$$

- A continuación, se sustituirá la ecuación de tiempo hidráulico de retención en relación a las dos ecuaciones obtenidas en el despeje (Caldera, 2003).

Donde:

t: tiempo hidráulico de retención (días) Q: Caudal (m^3/ día)

Ln: Logaritmo natural As: Área superficial de la humedad (m^2)

$$t = \frac{Ln \frac{C_O}{C_e}}{K}$$

n el afluente (mg/L) d: profundidad (m)

n el efluente (mg/L) n: porosidad

mperatura del agua residual (días)

- Posteriormente al relacionar las dos ecuaciones anteriores obtenemos la ecuación del área superficial de la humedad que a partir de esta ecuación se sabrá cuál es la concentración en la entrada y cuál es la concentración y expectativa en la salida del caudal que está a continuación (Delgadillo O. , 2010).

$$As = \frac{Ln \frac{C_o}{C_e} * Q}{K * d * n}$$

Donde:

t: tiempo hidráulico de retención (días) As: Área superficial de la humedad (m^2)

Ln: Logaritmo natural d: profundidad (m)

Co: Concentración en el afluente (mg/L) n: porosidad

Ce: Concentración en el efluente (mg/L)

K_t: Constante a la temperatura del agua residual (días

Q: Caudal (m^3/ día)

A continuación, se desarrolla cual es el área superficial de la humedad con la siguiente ecuación: (Chafloque, 2006)

$$As = L * w$$

Donde:

As: Área superficial de la humedad (m^2)

L: longitud (m)

W: Ancho (cualquiera que sea esta)

- La constante a la temperuatura del agua se determina a partit de la siguinte ecuación (Mora-Orozco, 2020).

$$K_t = K_{20} \times \theta^{(T-20)}$$

Donde:

K_{20}: Constante del agua a 20°C

Θ: 1.06

T: temperatura del agua residual (°C)

- El tiempo hidraulico de retención a su vez, se puede calcular a partir de la siguiente ecuación (Caldera, 2003).

$$t = \frac{n \times L \times W \times d}{Q}$$

Donde:

n: Porosidad efectiva del medio (%)

L: Longitud del humedak (m)

W: Ancho del humendal (m)

d: Profundidad del agua (m)

Q: Caudal de diseño (m3/día)

CAPÍTULO IV

4.1 Resultados

4.1.1 Diagnosticar la situación actual con respecto a la disposición final del agua residual en la comunidad Nueva Esperanza

La PTAR de aguas residuales, posee una infraestructura que es detallada se la siguiente manera

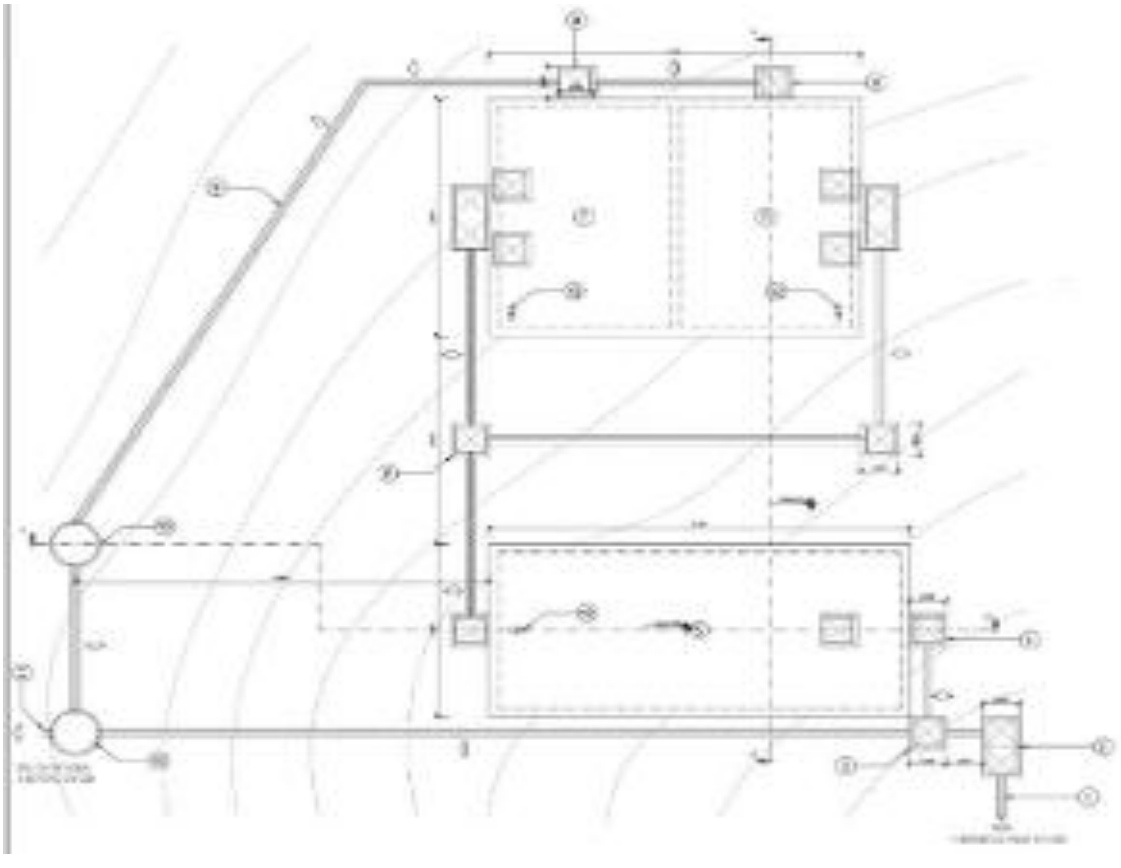


Figura 2. PTAR actual de aguas residuales

Fuente: GAD Municipal de Carlos Julio Arosemena Tola

La planta de tratamiento tiene los siguientes procesos:

1. Tubo de entrada de agua a la planta, DN 200.
2. Reja de desbaste.
3. Cajón aliviadero
4. Cajón de revisión
5. Tanque sedimentador
6. Cajón de repartición filtro anaerobio de flujo ascendente

7. Filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA)
8. Cajón de salida filtro anaerobio de flujo ascendente
9. Tubo a cajón de desechos
10. Cajón de desechos
11. Tubo de salida a estero, DN 200.
12. Respiradero
13. Material filtrante

La instalación presenta las siguientes características:

Tabla 4. Características de la instalación de la PTAR

Fosa séptica–sedimentador	9,15 m x 4,25m x 2,0m[15]
Volumen fosa séptica-sedimentador	77,7 m^3
FAFA (cada unidad)	4,55 m x 5,85 m x 2,0m[16]
Área efectiva FAFA (por unidad)	26,62 m^2
DBO de entrada	52,6 mg/L[17]
DBO de diseño	200 mg/L
Caudal 2037	1,89 L/s
Sólidos sedimentables observados	290 mg/L

Fuente: GAD Municipal de Carlos Julio Arosemena Tola

Refiriéndose a los procesos identificados en la planta de tratamiento, exponemos la siguiente ilustración y sus datos más relevantes dentro de su construcción y capacidad.

Descripción del tanque sedimentador

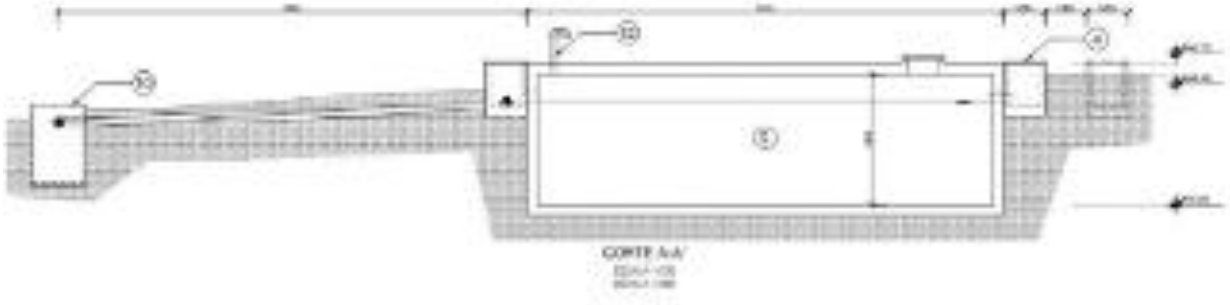


Figura 3.Tanque sedimentador

Fuente: GAD Municipal de Carlos Julio Arosemena Tola

Tabla 5.Características de la fosa séptica

FOSA SÉPTICA		
Diámetro mínimo de partícula (d)	0,2	mm
Aceleración de la gravedad (g)	9,81	m/s^2
Viscosidad cinemática agua a 25 ºC (μ)	9,00E-07	m^2/s
Peso específico de los sólidos a remover (ϒs)	1,2	t/m^3
Peso específico del agua servida (ϒa)	1,05	t/m^3
Concentración de sólidos suspendidos	290	mg/L
Velocidad de sedimentación (Vs)	0.003	m/s

Fuente: GAD Municipal de Carlos Julio Arosemena Tola

Tabla 6.Descripción de la reja de desbaste

REJA DE DESBASTE		
Área del desbaste	0,82	m^2
Longitud de desbaste finos	1,5	m
Efectividad del desbaste	80	%
Sólidos a remover	47,35	kg/día
Volumen diario sólidos	39,46	L/día
Volumen de retención de finos	367	L
Tiempo de retención hidráulica (TRH)	3,5	h
Volumen necesario de la fosa	23.814	L

Fuente: GAD Municipal de Carlos Julio Arosemena Tola

Descripción del Filtro Anaerobio de flujo Ascendente

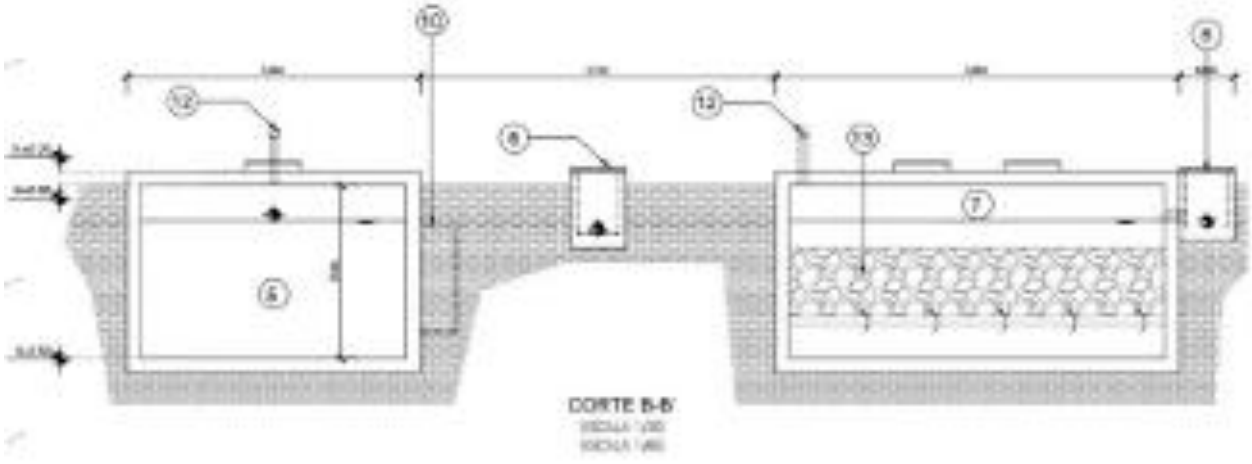


Figura 4.Tratamiento FAFA

Fuente: GAD Municipal de Carlos Julio Arosemena Tola

Tabla 7.Diseño del tratamiento FAFA

% residual /potable	80%
Caudal	1.51L/S 90.7L/min 5443.2L/h 130.6m^3/d
DBO afluente	200mg/l 0.2kg/m^3
Carga de materia orgánica	26.127kg DBO/d
Carga orgánica volumétrica	0.2 kg DBO5 /m^3/d
Volumen filtración requerido	131m^3
Tiempo de permanencia hidráulica	24.1h
Carga hidráulica superficial	27$m^3/m^2/d$ 1.13m/h
Área de filtración	4.80m^2
Eficiencia	82.27%
DBO efluente	35.47mg/l
Altura de filtración	1.20m
N° de filtros	2.00
Área de filtro necesaria	109.17m^2

Fuente: GAD Municipal de Carlos Julio Arosemena Tola

4.2 Resultado del análisis del muestreo de agua del río Apangora

De acuerdo con los resultados proporcionados por GAD MUNICIPAL DE CARLOS JULIO AROSEMENA TOLA del muestreo de agua residual que fueron realizados por el laboratorio PEE-LABSU en los años 2016 y 2017 que corresponde a la Planta de tratamiento de aguas residuales del Centro de desarrollo Prioritario Nueva Esperanza, se detalla los siguientes parámetros.

4.2.1 Resultado del muestreo de agua del año 2016/12/20 a 2017/01/02.

El muestreo de agua del año **2016/12/20 a 2017/01/02** que realizó el laboratorio PEE-LABSU, se encuentran los siguientes resultados de diferentes puntos de muestreo: Muestra de agua residual, entrada a planta de tratamiento, Muestra de agua del Río Apangora a 20 m aguas arriba del punto de descarga, Muestra de agua residual, salida de la Planta de tratamiento Sector Nueva Esperanza, Muestra de agua del Río Apangora a 100 m aguas abajo del punto de descarga.

Condiciones ambientales del análisis: T máx: 27°C. T Min :21,0°C

Muestra de agua residual, entrada a planta de tratamiento Sector Nueva Esperanza.

Ítem	Parámetros	Unidad	a 4 045	Límite máximo permisible	PEE-LABSU
1	Potencial hidrógeno	-	6,48	6 - 9	PEE-LABSU-02
2	Sólidos totales	mg/L	147,59	1 600	PEE-LABSU-49
3	*Sólidos totales suspendidos	mg/L	34	130	PEE-LABSU-56
4	Demanda química de oxígeno	mg/L	34,34	200	PEE-LABSU-89
5	*Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	13,08	100	PEE-LABSU-09
6	*Aceites y grasas	mg/L	0,13	30,0	PEE-LABSU-80
7	Coliformes fecales	Col/100 ml.	$1,8x10^6$	2 000	PEE-LABSU-45

Figura 5. Muestra de agua residual, entrada a planta de tratamiento Sector Nueva Esperanza

Fuente: GAD Municipal de Carlos Julio Arosemena Tola

Interpretación: Según los parámetros analizados se encontró una alta carga de coliformes fecales de $1{,}8x10^6$ Col/100ml en la entrada de la PTAR,y los demás parámetros PH,Sólidos totales,Sólidos totales suspendidos ,Demanda química de oxígeno,Demanda Bioquimica de oxígeno,Aceites y grasa cumplen con los límites máximos permisibles.

Muestra de agua residual, salida de la Planta de tratamiento Sector Nueva Esperanza

Ítem	Parámetros	Unidad	a 4 046	Límite máximo permisible	PEE-LABSU
1	Potencial hidrógeno	–	6,75	6 - 9	PEE-LABSU-02
2	Sólidos totales	mg/L	187,58	1 600	PEE-LABSU-49
3	*Sólidos totales suspendidos	mg/L	< 5	130	PEE-LABSU-56
4	Demanda química de oxígeno	mg/L	< 10,00	200	PEE-LABSU-89
5	*Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	2,81	100	PEE-LABSU-69
6	*Aceites y grasas	mg/L	0,05	30,0	PEE-LABSU-80
7	Coliformes fecales	Col/100 mL	$1,2x10^5$	2 000	PEE-LABSU-45

***Figura 6*.Muestra de agua residual, salida de la Planta de tratamiento Sector Nueva Esperanza**

Fuente: GAD Municipal de Carlos Julio Arosemena Tola

Interpretación: Según el muestreo del agua residual a la salida de la PTAR existen altas carga de coliformes fecales presentes de $1{,}2x10^5$Col/ml, y los demás parámetros analizados como el PH,Sólidos totales,Sólidos totales suspendidos ,Demanda química de oxígeno,Demanda Bioquímica de oxígeno,Aceites y grasa cumplen con los límites máximos permisibles.

Muestra de agua del Río Apangora a 20 m aguas arriba del punto de descarga

Ítem	Parámetros	Unidad	a 4 047	Límite máximo permisible	PEE-LABSU
1	Potencial hidrógeno	–	7,11	6 - 9	PEE-LABSU-02
2	Sólidos totales	mg/L	97,41	1 600	PEE-LABSU-49
3	*Sólidos totales suspendidos	mg/L	11	130	PEE-LABSU-56
4	Demanda química de oxígeno	mg/L	< 10,00	200	PEE-LABSU-89
5	*Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	< 1,00	100	PEE-LABSU-69
6	*Aceites y grasas	mg/L	< 0,05	30,0	PEE-LABSU-80
7	Coliformes fecales	Col/100 mL	2 000	2 000	PEE-LABSU-45

Figura 7. Muestra de agua del Río Apangora a 20 m aguas arriba del punto de descarga

Fuente: GAD Municipal de Carlos Julio Arosemena Tola

Interpretación: Según el análisis del muestreo de agua del río 20 m aguas arriba, los parámetros de Ph, Sólidos totales, Sólidos totales suspendidos, Demanda Bioquímica de oxígeno, Aceites y grasas, y coliforme fecales cumplen con los límites máximos permisibles.

Muestra de agua del Río Apangora a 100 m aguas abajo del punto de descarga

Ítem	Parámetros	Unidad	a 4 048	Límite máximo permisible	PEE-LABSU
1	Potencial hidrógeno	–	7,01	6 - 9	PEE-LABSU-02
2	Sólidos totales	mg/L	50,08	1 600	PEE-LABSU-49
3	*Sólidos totales suspendidos	mg/L	15	130	PEE-LABSU-56
4	Demanda química de oxígeno	mg/L	< 10,00	200	PEE-LABSU-89
5	*Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	< 1,00	100	PEE-LABSU-09
6	*Aceites y grasas	mg/L	< 0,05	30,0	PEE-LABSU-80
7	Coliformes fecales	Col/100 mL	$3,2 \times 10^3$	2 000	PEE-LABSU-43

Figura 8 Muestra de agua del Río Apangora a 100 m aguas abajo del punto de descarga

Fuente: GAD Municipal de Carlos Julio Arosemena Tola

Interpretación. Se analizaron pH, sólidos totales, sólidos suspendidos, DQO, DBO5, aceites y grasas, coliformes fecales. De aquí se desprendió que en Nueva Esperanza la concentración de solidos totales bajo pero la concentración de coliformes fecales se incrementa exponencialmente de 2000 a 3.2E+05 UFC/100ml.

4.2.2 Resultado del muestreo de agua del año 2017/11/01 a 2017/11/15

El muestreo de agua del año **2017/11/01 a 2017/11/15** que realizó el laboratorio PEE-LABSU, se encuentran los siguientes resultados de diferentes puntos de muestreo: Muestra de agua residual, tomada en la entrada de la planta de tratamiento, Muestra de agua residual, tomada a la salida de la planta de tratamiento, Muestra de agua del río a 50 m aguas arriba de la planta de tratamiento, Muestra de agua del río a 50 m aguas abajo de la planta de tratamiento.

Condiciones ambientales del análisis: T.Máx: 26,5°C T.Min:21,5°C

Muestra de agua residual, tomada en la entrada de la planta de tratamiento

Ítem	Parámetros	Unidad	a 6 943	Límite máximo permisible	PEE-LABSU
1	Potencial hidrógeno	–	6,48	6 - 9	PEE-LABSU-02
2	Sólidos totales	mg/L	490,50	1 600	PEE-LABSU-49
3	*Sólidos totales suspendidos	mg/L	74	130	PEE-LABSU-56
4	Demanda química de oxígeno	mg/L	87,50	200	PEE-LABSU-89
5	*Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	16,30	100	PEE-LABSU-09
6	*Aceites y grasas	mg/L	0,40	30,0	PEE-LABSU-80
7	Coliformes fecales	Col/100 mL	$7,0 \times 10^4$	2 000	PEE-LABSU-43

Figura 9. Muestra de agua residual, tomada en la entrada de la planta de tratamiento

Fuente: GAD Municipal de Carlos Julio Arosemena Tola

Interpretación: El agua residual que ingresa a la PTAR se encuentra con altas cargas de coliformes fecales $7{,}0x10^5$ Col/100ml para su posterior tratamiento, mientras que los valores obtenidos de lo demás parámetros son bajos y se encuentran aceptables, cumpliendo con los límites máximos permisibles.

Muestra de agua residual, tomada a la salida de la planta de tratamiento

Ítem	Parámetros	Unidad	a 6 943	Límite máximo permisible	PEE-LABSU
1	Potencial hidrógeno	-	6.80	6 - 9	PEE-LABSU-02
2	Sólidos totales	mg/L	154,5	1 600	PEE-LABSU-49
3	*Sólidos totales suspendidos	mg/L	44	130	PEE-LABSU-56
4	Demanda química de oxígeno	mg/L	68,11	200	PEE-LABSU-89
5	*Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	23,20	100	PEE-LABSU-09
6	*Aceites y grasas	mg/L	0,75	30,0	PEE-LABSU-80
7	Coliformes fecales	Col/100 mL	$5{,}0x10^6$	2 000	PEE-LABSU-43

Figura 10. Muestra de agua residual, tomada a la salida de la planta de tratamiento

Fuente: GAD Municipal de Carlos Julio Arosemena Tola

Interpretación: Los parámetros analizados en la salida de la PTAR presentan óptimas condiciones, excepto los coliformes fecales que tiene un valor de $3{,}0x10^6$ Col/ml sobrepasando los límites máximos permisibles.

Muestra de agua del río a 50 m aguas arriba de la planta de tratamiento

Ítem	Parámetros	Unidad	a 6 944	Límite máximo permisible	PEE-LABSU
1	Potencial hidrógeno	-	7,14	6 - 9	PEE-LABSU-02
2	Sólidos totales	mg/L	68,89	1 600	PEE-LABSU-49
3	*Sólidos totales suspendidos	mg/L	9	130	PEE-LABSU-56
4	Demanda química de oxígeno	mg/L	< 10,00	200	PEE-LABSU-89
5	*Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	1,11	100	PEE-LABSU-09
6	*Aceites y grasas	mg/L	< 0,05	30,0	PEE-LABSU-80
7	Coliformes fecales	Col/100 mL	300	2 000	PEE-LABSU-43

Figura 11. Muestra de agua del río a 50 m aguas arriba de la planta de tratamiento

Fuente: GAD Municipal de Carlos Julio Arosemena Tola

Interpretación: Según el análisis del muestreo del agua del río 50 m arriba, los parámetros de Ph, Sólidos totales, Sólidos totales suspendidos, Demanda química de oxígeno,Demanda Bioquimica de oxígeno, Aceites y grasas, y coliformes fecales cumplen con los límites máximos permisibles.

Muestra de agua del río a 50 m aguas abajo de la planta de tratamiento

Ítem	Parámetros	Unidad	a 6 945	Límite máximo permisible	PEE-LABSU
1	Potencial hidrógeno	—	7,16	6 - 9	PEE-LABSU-60
2	Sólidos totales	mg/L	226,77	1 600	PEE-LABSU-49
3	*Sólidos totales suspendidos	mg/L	< 5,00	150	PEE-LABSU-56
4	Demanda química de oxígeno	mg/L	< 10,00	200	PEE-LABSU-89
5	*Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	1,67	100	PEE-LABSU-09
6	*Aceites y grasas	mg/L	< 0,05	30,0	PEE-LABSU-80
7	Coliformes fecales	Col./100 mL	2 000	2 000	PEE-LABSU-43

Figura 12. Muestra de agua del río a 50 m aguas abajo de la planta de tratamiento

Fuente: GAD Municipal de Carlos Julio Arosemena Tola

Interpretación: Según el análisis del muestreo del agua del río 50 m abajo, los parámetros de Ph, Sólidos totales, Sólidos totales suspendidos, Demanda química de oxígeno,Demanda Bioquimica de oxígeno, Aceites y grasas cumplen con los límites máximos permisibles, y se encuentra cierto déficit en el tratamiento de coliformes fecales considerando que el límite permisible es igual al análisis de la descarga del agua.

De los datos obtenidos se analiza Lo siguiente.

En la muestra del agua del río Apangora existe un nivel bajo de DBO esto indica que el agua no contiene altas cargas de materia orgánica, de igual forma el DQO se encuentra en bajas concentraciones, con estos parámetros se calcula el índice de biodegradabilidad.

$$índice\ de\ biodegradabilidad = \frac{DBO}{DQO}$$

$$índice\ de\ biodegradabilidad = \frac{1{,}67}{9} = 0{,}2$$

El valor obtenido indica que posee poca biodegradabilidad y son convenientes tratamientos fisicos-quimicos.

4.3 Sintetizar información bibliográfica de sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas, a base de biofiltros

En diferentes partes del mundo existe este proceso de tratamientos de aguas residuales o grises en base a biofiltros en diversos procesos de presentación y desarrollo, es por ello que se citaran algunos sistemas de tratamientos con esta particularidad de diversas localidades lógicamente pequeñas que han tenido buenos resultados.

La tecnología del biofiltro fue introducida en Nicaragua por la Cooperación Austriaca para el Desarrollo (CAD), la que tuvo como contraparte a la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI). Como parte del proyecto, se construyó una planta piloto para tratar las aguas residuales generadas por aproximadamente 1,000 personas en un barrio de la ciudad de Masaya. Las investigaciones efectuadas en esta planta piloto permitieron obtener los criterios técnicos para el diseño, construcción, operación y mantenimiento de este tipo de sistema. Por su parte, en El Salvador, la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE) financió la construcción de un sistema de tratamiento similar en la comunidad de San José Las Flores, Chalatenango, sobre la base de la experiencia técnica obtenida en Masay esta experiencia, tomando en consideración la educación ambiental de los pobladores, la organización y el aporte comunitario necesarios para el éxito del proyecto (WSP,Programa de Agua y Saneamiento del Banco Mundial, 2006).

Tabla 8.Sistemas de Biofiltros construidos en Centro América

Plantas de tratamiento	Ubicación	Población Beneficiaria(Diseño)
Salinas Granja	León,Nicaragua	300
Residencial Milenium	Managua Nicaragua	450
Proyecto Salto Transatlántico	Managua Nicaragua	846
San José Flores	Chalatelango,El Salvador	1,365
Masatepe	Masaya, Nicaragua	2.200
Reparto la Providencia	León,Nicaragua	2,782
Teupasenti	Danlí,Honduras	2,812
Chichigualpa	Chinandega,Nicaragua	8,752

Fuente: (WSP,Programa de Agua y Saneamiento del Banco Mundial, 2006)

En la tabla 9 se presentan los resultados del monitoreo efectuado en los nueve años de operación de la planta piloto de Masaya, en donde los cuatro biofiltros de flujo horizontal en paralelo tienen un tiempo de retención hidráulica de tres a cinco días. Las cargas hidráulicas superficiales aplicadas en estos biofiltros oscilaron entre 76 y 96 l/m2.d; la temperatura promedio anual del aire fue de 26.5 °C, y la del agua residual cruda de 26 a 29 °C (WSP,Programa de Agua y Saneamiento del Banco Mundial, 2006).

Tabla 9.Promedio de los análisis efectuados en la planta Piloto de Masaya

Parámetros	**Afluente**	**Salida T.Inhoff**	**Biofiltro I**	**Biofiltro II**	**Biofiltro III**	**Biofiltro IV**	**%Remoción**
DBO5(mg/l)	270	80	8	6	5	5	97.4
DQO(mg/l)	653	239	46	34	28	34	94.5
N-Total,(mg/l)	34	33	27	22	20	20	34.5
Fosforo Total.(mg/l)	6,1	5,4	4,7	4.3	4.5	4.4	26.6
Solidos Suspendidos,(mg)	253	56	6	7	7	7	97.2
E.Coli,(NMP/100 ml)	1.6E+07	3.43E+06	1.3E+05	4,10E+04	1.5E+05	1.2E+05	99.52

Fuente: (WSP,Programa de Agua y Saneamiento del Banco Mundial, 2006).

La alta eficiencia en la remoción de contaminantes obtenida mediante el sistema de biofiltro, su bajo costo de operación y mantenimiento, su aspecto agradable y el reducido impacto negativo respecto a olores y proliferación de vectores en las zonas aledañas, ha propiciado la aceptación de esta tecnología por los técnicos y los pobladores, quienes han constatado que incluso sus viviendas pueden estar ubicadas en las proximidades al sistema sin mayores consecuencias. Adicionalmente, la difusión de esta tecnología, a cargo de la Cooperación Austriaca para el Desarrollo mediante seminarios, conferencias, congresos e intercambios de la información técnica recopilada durante la operación, mantenimiento e investigaciones efectuadas en la planta piloto de Masaya, ha contribuido a su aceptación por parte de los técnicos y autoridades de Nicaragua, y ha despertado el interés de otros países de la región centroamericana (WSP,Programa de Agua y Saneamiento del Banco Mundial, 2006).

Experiencias con biofiltro de flujo horizontal subsuperficial en el saneamiento rural de Galicia

La EDAR de Dormeá tiene como objetivo el tratamiento secundario de las aguas residuales urbanas generadas por una población de 200 habitantes distribuida en tres núcleos: Algalia, Barrio y Dormeá. La línea de procesos comprende una fosa séptica de doble cámara con un volumen total de 45 m3 que sirve para desbaste y tratamiento primario, y un biofiltro de flujo horizontal subsuperficial compartimentado en dos celdas en paralelo con una superficie global de 590 m2 (CONAMA, 2014)

Respecto a la eliminación de materia orgánica el rendimiento del humedal ha sido muy estable durante el periodo de control. Los valores promedio de eliminación de DBO y DQO (81.3 y 75.2 %, respectivamente) son compatibles con los límites exigibles por la Directiva 91/271 para el tratamiento secundario. Se observó una mayor dispersión en los rendimientos referidos a SS, NT y PT. Los valores promedio observados para la reducción de NT y PT en el humedal (39.3 y 35.1%, respectivamente) coinciden con lo señalado por varios autores (Ávila et al., 2013). Adicionalmente, se observó una reducción estable de C. Fecales con un valor medio de 2.1 U-log. Una de las razones del buen rendimiento del humedal está en la baja carga orgánica aplicada cuyo valor promedio fue de 3.1 ± 1.7 g DBO/m2 /d. También, la carga de SS fue muy baja 1.2 ± 0.6 g/m2 /d (CONAMA, 2014).

Tabla 10.Rendimiento parcial del biofiltro de Dorméa en %

Parámetros	**Biofiltro**
DBO	81,3
DQO	75,2
SS	78,0
NT	39,3
PT	35,1

Fuente: (CONAMA, 2014)

4.4 Proponer el diseño de dimensionamiento a base de biofiltros para el tratamiento de aguas residuales domésticas a la PTAR del Centro de desarrollo prioritario Nueva Esperanza.

Para el desarrollo de este diseño se toma en cuenta bases como:

Las plantas acuáticas en el tratamiento

En este caso nos encontramos con dos tipos de plantas acuáticas flotantes y sumergidas, el cual utiliza dos tipos de plantas dominantes donde; como primer tipo son plantas flotantes con una principal

característica de derivar el dióxido de carbono y las necesidades de oxígenos a la atmosfera directamente, el segundo tipo consiste en plantas sumergidas estas plantas tiene a capacidad de absorber el oxígeno, dióxido de carbono y minerales de la columna de agua.

Tabla 11 . Funciones de las plantas en sistemas de tratamiento acuático.

Raíces y/o tallos en la columna de agua.	1. Superficies sobre la cual la bacteria crece. 2. Medio de filtración y adsorción de sólidos.
Tallos y/o hojas sobre la superficie del agua.	1. Atenúan la luz del sol y así previenen el crecimiento de algas. 2. Reducen los efectos del viento en el agua. Es decir, transferencia de gases entre la atmósfera y el agua. 3. Importante en la transferencia de gases para y desde las partes sumergidas de la planta.

Fuente: (Gómez , 2006)

Tabla 12 Plantas acuáticas emergentes utilizadas en tratamiento de aguas residuales

Nombre común	**Nombre científico**	**Distribución**	**Temperatura**		**Máxima salinidad**	**Rango de pH efectivo**
			Deseable	**Germinación de la semilla**	**Tolerancia pp mil**	
Totora	Typha spp.	En todo el mundo.	10 - 30	12 - 24	30	4- 10
Caña común	Phragmoites communis		12 - 23	10 - 30	45	2-8
Junco	Juncus spp		16 – 26		20	4-7,5
Junco	Scirpus		18- 27		20	4 – 9
Carrizo	Carex spp		14 - 32			5 - 75

Fuente: (Gómez , 2006)

Geomembrana

Las geomembranas están hechas principalmente de polietileno un material que puede ser de baja o alta densidad; además están adicionadas con protectores UV y antioxidantes que le brindan mayor resistencia y durabilidad. Esta herramienta es considerada como un sistema de impermeabilización, el cual es ideal para la construcción de túneles, canales, muros verdes, estanques, contenedores para acuaponía y reservorios agrícolas para almacenamiento de aguas limpias, entre otros. (CONOCE HIDROPONIA , 24 De Diciembre del 2015)

Dimensiones de un humedal artificial basado en la carga orgánica (DBO5) por el área (método analítico de Reed y otros 1995)

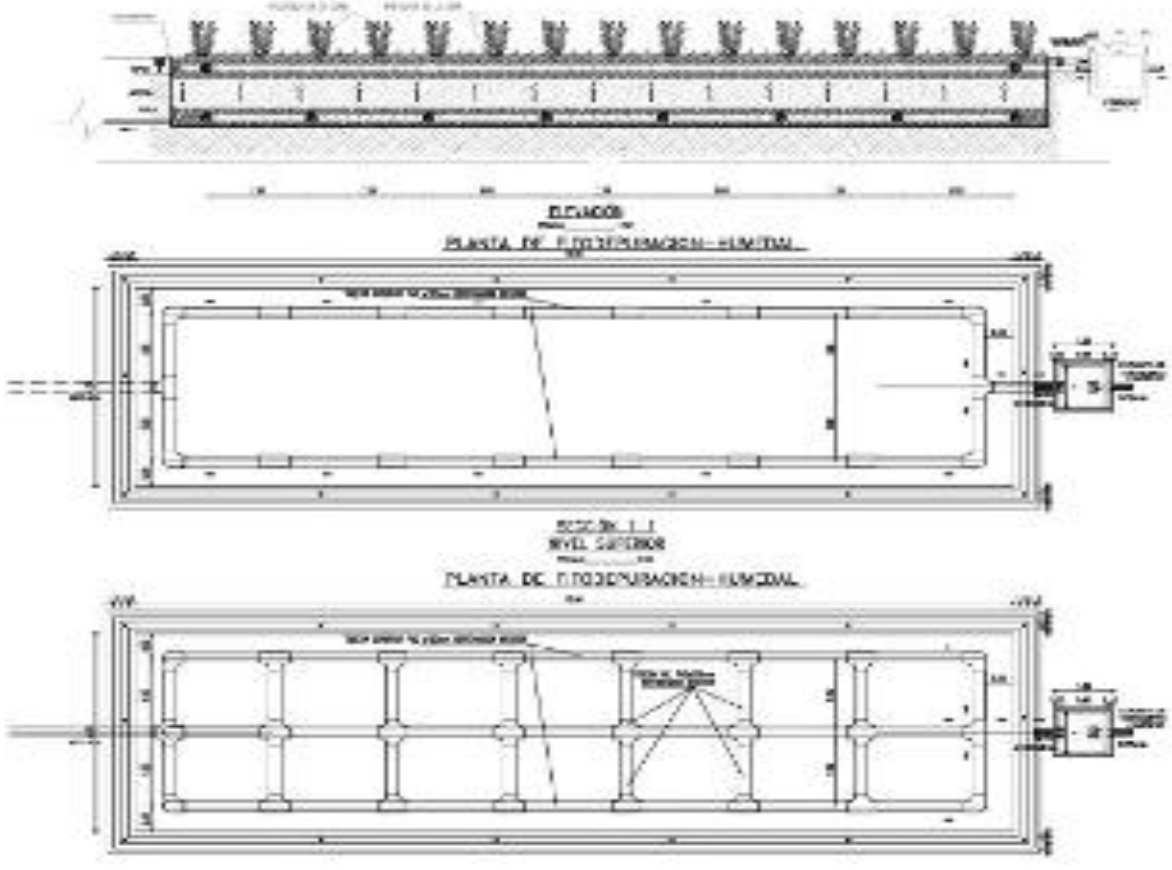


Figura 13 Prototipo del diseño propuesto.

A. Requerimientos de entrada

Q= 86.4 m^3/d 3051.1872pies3/d

DBO= 35.47 mg/l

T= 25 °C

Condiciones de salida DBO5 < 30 mg/L Características de lagunas anaerobias usadas como unidad de pre tratamiento:

Tabla 13 Reducción del DBO5, en función del tiempo de retención y temperatura mayores de 20°C

Tiempo de retención	Reducción de DBO5 (%)
1	50
2.5	60
5	70

Fuente: (Gómez , 2006)

Tabla 14 . Reducción de DBO5 como función del tiempo de retención y temperatura

TEMPERATURA °C	**TIEMPO DE RETENCION (d)**	**REDUCCION DE DBO (%)**
10	5	0-10
10-15	4-5	30-40
15-20	2-3	40-50
20-5	1-2	40-60
25-30	1-2	60-80

Fuente: (Gómez , 2006)

Determinación de la concentración.

Tabla 15. Datos de entrada al biofiltro.

DATOS DE ENTRADA			
Caudal de diseño (m3/ día)		86,4	
Número de unidades		2	
Caudal por unidad (m3/día)	Q	43,2 m3/día	
Temperatura (°C)	T	25°C	

DBO afluente (mg/l)	Co	35,47 mg/l	
DBO efluente (mg/l)	Ce	30 mg/l	
Eficiencia de remoción		0,1542148	
Constante para 20° C día ^ -1	K20	0,23	
Altura adoptada (m)	d	0,8m	0,3-1 m
Porosidad del medio	n	0,5	
Pendiente (m/m)	s	0,005m/m	

Tabla 16. Dimensionamiento para cada unidad.

DIMENSIONAMIENTO CADA UNIDAD		
Remoción de DBO		
Constante corregida con temperatura DBO día^-1	Kt	0,3077919
Tiempo de retención hidráulico calculado (día) $$t = \frac{Ln\frac{Co}{Ce}}{K}$$	día	0,544166
Área superficial (m2) $$As = \frac{Ln\frac{Co}{Ce} * Q}{K * d * n}$$	As	58,769931
Si fuera rectangular :		
Relación Largo – Ancho		2
Ancho del humedal (m)	W	5,4207901
Largo del humedal (m)	L	10,84158

Tiempo de retención hidráulico calculado (día) $t = \frac{n \times L \times W \times d}{Q}$	TRH	0,544166
Q Comprobación		
Conductividad Hidráulica del medio filtrante (cm/s)		4,33
Conductividad Hidráulica del medio filtrante (m3/m2*día)		3741,12
Área de la sección transversal (W*d) (m2)		4,3366321
Q = Conductividad hidráulica * Área sección * Pendiente (m3/día)		81,119306

Resultados De La Aplicación De Las Formulas obtenidas del libro de trabajo de Excel:

A continuación, tenemos una tabla en la que consta los datos y resultados los cuales aplicamos las anteriores formulas antes descritas para llegar a los resultados deseados.

Tabla 17.Resultados del diseño de biofiltro

	DATOS		
	Unidad	Nomenclatura	Resultados
Caudal de diseño	(m3/ día)	Q	86.4
Temperatura	°C	T	25
DBO afluente	(mg/l)	Co	35.47
DBO efluente	(mg/l)	Ce	30
Eficiencia de remoción	-	-	0.1542148
Constante para 20° C día ^ -1	°C	K20	0.23
Altura adoptada	(m)	d	0.8
Porosidad del medio	-	n	0.5
Pendiente	(m/m)	s	0.05
Constante corregida con temperatura DBO	día^-1	Kt	0.3077919
Tiempo de retención hidráulico calculado	(día)		0.544166
Área superficial	(m2)	As	58.769931
Ancho del humedal	(m)	W	5.4207901
Largo del humedal	(m)	L	10.84158
Tiempo de retención hidráulico calculado	(día)	TRH	0.544166
Conductividad	(cm/s)		4.33

Hidráulica del medio filtrante			
Conductividad Hidráulica del medio filtrante	(m3/m2*día)		3741.12
Área de la sección transversal	(m2)	(W*d)	4.3366321
Q = Conductividad hidráulica * Área sección * Pendiente	(m3/día)	Q	81.119306

CONCLUSIONES

- Según el análisis del muestreo del agua a la entrada y salida de la PTAR del Centro de desarrollo Prioritario se evidenció que los parámetros de Ph, sólidos totales, solidos suspendidos ,DBO, DQO y aceites y grasa cumplen con los límites máximos permisibles mientras que coliformes fecales tienen una alta carga contaminante y sobrepasa los límites de descarga del Texto Unificado de la Legislación del Ministerio del Ambiente con el Reglamento.
- El tratamiento de aguas residuales mediante Biofiltro es utilizado en varios países del mundo para pequeñas poblaciones por su bajo costo, fácil operación y por el buen rendimiento de remoción de contaminantes y tendrá un impacto favorable al medio ambiente, por esta razón se pretende dimensionar este tratamiento para la depuración de aguas residuales del Centro de desarrollo prioritario Nueva Esperanza.
- El plan de funcionamiento del sistema de biofiltros debe contemplar diferentes actividades con la finalidad de que el funcionamiento sea optimo y eficiente, se debe controlar el caudal en el instante en que se note un aumento en las precipitaciones, esto se puede hacer para cada vertimiento de canales para medición por los lados del biofiltro o humedal artificial lo que evitará que se presente una sobresaturación del volumen de agua o inundación; de igual manera es importante que la limpieza de la rejilla a diario, lo que evitará taponamientos por la presencia de material de gran tamaño y residuos que causen dicha situación.
- El diseño que se propone es un sistema biofiltro de flujo sub superficial horizontal, considerando una población de 429 habitantes con una dotación de agua de 200 lt/hab/día, el cual se adaptó de acuerdo a las dimensiones ya existentes de la planta de tratamiento, y el lugar es apto para construcción en el que se ocupara, geomenbrana, grava, y plantas (carrizo) para la absorción de contaminantes y así obtener resultados favorables en el previo tratamiento.

RECOMENDACIONES

- Para que el tratamiento de Biofiltro sea eficiente y funcione correctamente es necesario que se revise la Fosa Séptica y tratamiento FAFA de manera periódica, contar con personal capacitado que verifique el buen funcionamiento de las operaciones y realizar mantenimiento para que el tratamiento de aguas residuales mejore y funcione en perfectas condiciones.

- Para tener éxito en la construcción de este biofiltro se recomienda la participación de los pobladores. Esto con lleva a brindarles capacitaciones para que tengan conocimiento de los beneficios que tiene el tratamiento de aguas residuales y la participación en los procesos y la implementación de esta tecnología.

- Se recomienda realizar un manual de uso y mantenimiento del sistema biofiltro de flujo subsuperficial horizontal, para controlar las operaciones y tenga el correcto funcionamiento y no surja ningún problema.

- Crear una propuesta para la reutilización del agua residual con fines de riego para cultivos y áreas verdes según lo permita la legislación.

Referencias

CARPIO GALVAN , T. M. (14 de Junio de 2017). *Subdirección de hidrología-Grupo laboratorio de calidad ambiental.* Obtenido de Google: http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/S%C3%B3lidos+Totales+secados+a+103+-+105%C2%BAC..pdf/d4faab4a-34e4-4159-bf4c-50353b101935

Díaz, E., Alvarado, A., & Camacho, k. (1 de Junio de 2012). *Quivera.* Obtenido de Google: https://www.redalyc.org/pdf/401/40123894005.pdf

Tilley, E., Ulrich, L., Lüthi, C., Reymond, P., Schertenleib, R., & Zurbrügg, C. (s.f). *Compendio de sistemas y tecnologías de saneamiento.* Obtenido de Google: https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de/tecnologias-de-saneamiento/recoleccion-y-almacenamiento/fosa-s%C3%A9ptica

Abellán, A. (3 de Junio de 2014). *suD Sostenible.* Obtenido de Google: http://sudsostenible.com/diseno-de-los-filtros-de-arena/

Aldas, D. C. (2019). *Evaluacion de las Propiedades Fisico-Quimicas de Residuos Oleaginosos y su Comportamiento Hidraulico como Lecho Filtrante para el Tratamiento de Aguas Residuales Domesticas.*

Alvarado Zenteno, D. E., & Cárdenas Cárdenas, C. A. (2015). Obtenido de Google: http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/21677/1/TESIS.pdf?fbclid=IwAR3DHDgqLWUeeqTNWJvLJz53No5JZiiysz2DKNoWW3HmI9M2YtnoYDKXoX0

Asamblea Nacional Constituyente del Ecuador. (2014). *Ley orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamiento.* Obtenido de http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu165480.pdf

Bennefield, L. D., & Randall, C. W. (1980). *Biological process design for wastewater treatment.* Englewood Cliffs, NJ : Prentice-Hall.

Blangue , S., & Rodier , J. (2013). *Manual de la convencion, guia a la convencion sobre los humedales* . Suiza: 6a.ed.Secretaria de convencion de ramsa.

Carpio Galvan, T. M. (14 de Junio de 2017). *Subdirección de hidrología-Grupo laboratorio de calidad ambiental.* Obtenido de Google: http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/S%C3%B3lidos+Totales+secados+a+103+-+105%C2%BAC..pdf/d4faab4a-34e4-4159-bf4c-50353b101935

CONAGUA. (2015). *Conagua 2015.* Obtenido de Google: https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/CONAGUA%202015.%20Manual%20Filtros%20anaerobios%20de%20flujo%20ascendente.pdf

CONAGUA. (2015). *Manual de Agua Potable,Alcantarillado y Saneamiento.* Obtenido de Google: https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/CONAGUA%202015.%20Manual%20Filtros%20anaerobios%20de%20flujo%20ascendente.pdf

CONAMA. (2014). *Experiencias con humedales de flujo subsuperficial.* Obtenido de http://www.conama.org/conama/download/files/conama2014/CT%202014/1896711525.pdf

CONOCE HIDROPONIA . (24 De Diciembre del 2015). *¿QUÉ ES LA GEOMEMBRANA Y PARA QUÉ SIRVE?* Chile: HYDRO Environment .

Constitución de la República del Ecuador. (20 de Octubre de 2008). *Constitución de la República del Ecuador.* Obtenido de Google: http://www.ug.edu.ec/talento-humano/documentos/CONSTITUCION%20DE%20LA%20REPUBLICA%20DEL%20ECUADOR.pdf

Cooperación Austriaca,Agencia Suiza Para el Desarrollo y la Cooperación, WSP. (Abril de 2016). *portada PAS.ai.* Obtenido de Google: https://www.wsp.org/sites/wsp/files/publications/biofiltro.pdf

COSUDE. (2006). *Biofiltro* .

Delgadillo, O., Camacho, A., Pérez, L. F., & Andrade, M. (2010). *Depuración de aguas residuales por medio.* Obtenido de https://core.ac.uk/download/pdf/48017573.pdf

Delgadillo, O., Camacho, A., Pérez, L., & Andrade, M. (2010). *Depuración de aguas residuales.* Recuperado el 9 de febrero de 2021, de https://core.ac.uk/download/pdf/48017573.pdf

ECOTEC. (Febrero de 2020). *Unidad de Ecotecnologias de la UNAN* . Recuperado el 2020, de https://ecotec.unam.mx/ecoteca/biofiltro

Escalante Soto , J. (2020). *Sistemas de tratamiento de las aguas residuales residenciales.* Costa Rica : EIPE Business School.

Espigares, M., & Pérez, J. (s.f). *Agua Residual.* Obtenido de Google: https://www2.javerianacali.edu.co/sites/ujc/files/normas_apa_revisada_y_actualizada_mayo_2019.pdf

Farias de Marquez, B. (19 de Septiembre de 2016). *iagua.* Obtenido de Google: https://www.iagua.es/blogs/bettys-farias-marquez/conocimientos-basicos-plantas-tratamiento-aguas-residuales-modulo-ii

FINDER, L. (4 de Noviembre de 2015). *Acuerdo 097.* Obtenido de Google: https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/Acuerdo-097.pdf

FINDER, L. (4 de Noviembre de 2015). *Acuerdo 097.* Obtenido de Google: https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/Acuerdo-097.pdf

Gauss, M. (Abril 2006). Biofiltro: Una opcion sostenible para el tratamiento de aguas residuales en pequeñas localidades. *Biofiltro: Una opcion sostenible para el tratamiento de aguas residuales en pequeñas localidades.*, 32.

Gauss, M., & et al. (2006). Biofiltro: Una opcion sostenible para el tratamiento de aguas residuales en pequeñas localidades. *Ecotec*, 32.

GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO MUNICI PAL CARLOS JULIO AROSEMENA TOLA. (2019). *Monitoreo e interppretación.* Carlos Julio aArosemena Tola.

Gómez , E. G. (2006). Diseño de humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales. *UMNS*, 12.

Gomez, A. (2008). *Evaluacion y eficiencia de un filtro anaerbio de escala piloto.* Bucaramanga.

Hernández Sampieri, R., Fernández , C., & Baptista, P. (2006). Metodología de la Investigación. McGRAW-HILL.

Hidrytec. (2016). *hidrytec.* Obtenido de Google: http://www.hidritec.com/hidritec/tratamiento-de-aguas-residuales-y-disminucion-de-dqo#:~:text=La%20DBO%20o%20Demanda%20Biol%C3%B3gica,ser%20degradado%20mediante%20procesos%20biol%C3%B3gicos.

INEC. (2010). *Censo.*

Jmalpica. (Diciembre de 2015). El uso de las plantas acuáticas para el tratamiento de aguas residuales. *México Ambiental*.

Limón Macías, J. G. (8 de Julio de 2013). *Los lodos de la planta de agua residual.* Obtenido de Google: http://www.ai.org.mx/ai/images/sitio/201309/ingresos/jglm/doc_ingreso_gualberto_limon_trabajo_de_ingreso.pdf

Lopez , L. (2006). *Revisión y ajuste de los planes de manejo ambiental de los humedales de neuta, tierra blanca, laguna de la herrera y humedal el yulo de acuerdo con lo establecido en la resolución 157 de 2004 del mavdt.*

MAE. (4 de Noviembre de 2015). *Acuerdo 097.* Obtenido de Google: https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/Acuerdo-097.pdf

MAE. (4 de Noviembre de 2015). *Acuerdo 097.* Obtenido de Google: https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/Acuerdo-097.pdf

MAE. (4 de Noviembre de 2015). *Acuerdo 097.* Obtenido de Google: https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/Acuerdo-097.pdf

Metcalf, & Eddy. (1991). *Ingeniería de aguas residuales.* España: 3° Edicion McGraw Hill.

Miguel, C. (30 de Noviembre de 2013). *igua.* Obtenido de Google: https://www.iagua.es/blogs/carolina-miguel/los-humedales-artificiales-componentes-y-tipos

Mihelcic, J. (2001). *Fundamentos de ingeniería ambiental.* Mexico : Limusa S.A.

Ministerio del Ambiente. (4 de Mayo de 2015). *ACUERDO NO. 061.* Obtenido de Google: http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu155124.pdf

MoraJesús , C. G. (20 de Julio de 2010). *Estado actualde coliformes fecales.* Obtenido de Google: file:///C:/Users/personal/Downloads/Dialnet-EstadoActualDeContaminacionConColiformesFecalesDeL-4835746.pdf

Morono Saltos, V. (3 de Febrero de 2017). *Silo.tips.* Obtenido de https://silo.tips/download/separacion-de-solidos-suspendidos-por-sedimentacion

norma técnica I.S.020. (s.f.). *I.S. 020 Tanque Septico.* Obtenido de Google: https://www.saludarequipa.gob.pe/desa/archivos/Normas_Legales/saneamiento/IS.020.pdf

Nuevo, D. (9 de Noviembre de 2018). *Tratamientos secundarios en depuración de aguas residuales.* Obtenido de Google: https://www.tecpa.es/edar-tratamiento-secundario-depuracion-aguas/

Nuevo, D. (14 de Mayo de 2020). *Tecpa.* Obtenido de https://www.tecpa.es/humedales-artificiales-en-depuracion-de-agua-residual/

Olivares , V. (2009). *Gestión Sostenible de humedales. Revista de Geografía Norte Grande, 2.*

Payan, S. (2014). *Estudio y Diseño de Biofiltro a partir de Materia Organica para el Tratamiento de Agua.*

Pire, C. (5 de Diciembre de 2019). *La contaminación.* Obtenido de Google: https://lacontaminacion.org/aguas-residuales/

Pozo, F. (s.f). *DATOS BÁSICOS DE DISEÑO. ESTIMACIÓN DE LA POBLACIÓN, GASTOS DE AGUAS RESIDUALES Y CARGA.* Obtenido de http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/018834/MEMORIAS2004/CapituloII/4DatosBasicosdeDiseno.pdf

Programa de Agua y Saneamiento, América Latina y el Caribe. (Abril de 2016). *World Bank Document.* Obtenido de Google.

Real, C. (6 de Junio de 2016). *iagua.* Obtenido de Google: https://www.iagua.es/blogs/carlota-real/que-es-tan-importante-tratamiento-aguas-residuales

Real, C. (6 de Junio de 2016). *iagua.* Recuperado el 9 de febrero de 2021, de https://www.iagua.es/blogs/carlota-real/que-es-tan-importante-tratamiento-aguas-residuales

Reija , A. (16 de Mayo del 2013). *Humedales artificiales como sistemas naturales de depuración de aguas residuales. Conceptos e historia.* Madrid: remtavares .

Reynolds, K. (Septiembre/Octubre de 2002). *Tratamiento de Aguas Residuales.* Obtenido de https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2007/10/Tratamiento-aguas-residuales-Latinoamerica.pdf

Rodríguez Pimentel, H. (13 de Marzo de 2017). *iagua.* Obtenido de Google: https://www.iagua.es/blogs/hector-rodriguez-pimentel/aguas-residuales-y-efectos-contaminantes

Rodriguez, C. (2020). *Hidrotec.* Obtenido de Google: https://www.hidrotec.com/blog/tipos-de-aguas-residuales/

ROMERO , J. (1999). *Tratamiento de Aguas Residuales, teoría y principios del diseño.* Bogota.

S.L, G. (s.f.). *Gestion de Aguas y Residuos.* Obtenido de Google: https://www.gedar.com/industriales/filtracion-industrial-2/filtros-de-arena.htm

Salas, J. J. (2 de Julio de 2018). *iagua.* Obtenido de https://www.iagua.es/blogs/juan-jose-salas/introduccion-humedales-artificiales-como-tratamiento-aguas-residuales

Salas, J. J. (2 de Julio de 2018). *iagua.* Recuperado el 9 de febrero de 2021, de https://www.iagua.es/blogs/juan-jose-salas/introduccion-humedales-artificiales-como-tratamiento-aguas-residuales

salud, O. p. (25 de agosto del 2005). *Guía para operación y mantenimiento de tanques sépticos, tanques imhoff y lagunas de estabilización.* .

Sanchez,Sanchez,Galviz,Larotte. (2007). *Filtración en multiple etapas.* Obtenido de Google.

Secretaria del Agua. (s.f.). *Norma CO 10.* Obtenido de Google: https://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/04/norma_rural_para_estudios_y_disenos.pdf?fbclid=IwAR2NBQNf7UgfcuSZDuEmNWwa_fKaBdzF9OrNMZds65Zr7e9bPq8jVKJLPnY

Sewervac Ibérica. (11 de Abril de 2018). *iagua.* Obtenido de Google: https://www.iagua.es/noticias/sewervac-iberica/eutrofizacion-causas-consecuencias-y-soluciones

TULSMA. (2017). TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION SECUNDARIA DE MEDIO AMBIENTE. En M. d. Ambiente. Quito: Registro Oficial 320.

Unidad de Ecotecnología Unam. (s.f.). *Ecotec.* Obtenido de Google: https://ecotec.unam.mx/ecoteca/biofiltro#:~:text=Resumen%3A,verter%20directamente%20el%20agua%20residual.

Vayrynen, M. (SN). *Una opcion sostenible para el tratamiento de aguas residuales en pequeñas localidades de America Latina y el Caribe* .

WSP. (10 de Junio de 2014). *Aguasresiduales.inf.* Obtenido de Google: https://www.aguasresiduales.info/revista/libros/biofiltro-una-opcion-sostenible-para-el-tratamiento-de-aguas-residuales-en-pequenas-localidades

WSP,Programa de Agua y Saneamiento del Banco Mundial. (2006). *Biofiltro:Una opción sostenible para el tratameinto de aguas residuales en pequeñas localidades.* Honduras: Mikko Vayrynen, Profesional Junior en Comunicaciones de WSP-LAC para América Central.

Yañez Torrente, S. (Febrero de 2017). *Influencia del pH en la eficiencia del tratamiento de aguas.* Obtenido de Google: https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/20315/YanezTorrente_Sandra_TFG_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=El%20pH%20var%C3%ADa%20de%203.5,et%20al.%2C%202015).