UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD CIENCIAS DE LA VIDA

CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TEMA:

USO DE BIOFILTRO PARA REDUCIR LA CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES EN EL BARRIO PINDO GRANDE DEL CANTÓN PASTAZA.

AUTOR(ES):

Arredondo García Stalin Fabián

Rivadeneira Juela Kherly Cristina

DOCENTE - TUTOR:

Msc. María del Cisne Loján Carrión

Puyo - Pastaza - Ecuador

2022

FORMATO 4
APROBACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
(Uno por cada evaluador)

En el siguiente cuadro se detalla un conjunto de criterios a evaluar con un total de cien (100) puntos.		
Criterios	**Puntaje**	**Argumentos de la calificación**
1. TÍTULO		
El título es conciso e informativo de la idea principal del escrito. Genera expectativas de lectura que se cumplen.	5/5	El titulo es adecuado
2. RESUMEN		
Entrega información necesaria que oriente al lector a identificar de qué se trata la investigación y su relevancia. Incorpora los objetivos, metodología, principales hallazgos y conclusiones.	5/5	El resumen entrega información de los principales resultados y conclusiones
3. INTRODUCCION		
Entrega información sobre la temática a tratar. Describe la relevancia del tema dentro de las temáticas de investigación, vinculación y docencia. Presentación del problema y objetivos del problema del artículo de manera clara y concisa.	12/20	Da una entrada al tema pero no se plantea el problema de investigación y el objetivo de la misma
4. MARCO TEÓRICO		
Marco teórico coherente y articulado con los objetivos. Entrega conceptos de términos que son empleados en el estudio. Sustenta el referente conceptual con adecuadas fuentes de autoridad.	12/15	Debe ser colocado como anexo de acuerdo al formato, actualmente aparece en dos partes
5. METODOLOGIA		
Describe el tipo de investigación a desarrollar. Expone con claridad el procesamiento de la información y obtención de los datos. Plantea los criterios de análisis con que se abordó la información.	13/15	No se describe el tipo de investigación

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS		
Entrega los resultados de manera organizada a partir del problema planteado, objetivos específicos, etc. Los cuadros y figuras son pertinentes y están claramente representados. El texto no repite información entregada en los cuadros y figuras.	22/25	Las tablas y figuras no son citados en el texto
7. CONCLUSIONES		
Las conclusiones deben ser claras y precisas, acorde a los objetivos trazados. Discute, reflexiona sobre los resultados obtenidos.	10/10	Son adecuadas
8. REFERENCIAS		
Atiende las normas APA en las citas, fuentes y referencias. Las referencias bibliográficas tienen la fuente en el texto y viceversa.	5/5	Citar adecuadamente referencias de: Acuerdo Ministerial 097-A Código Orgánico del Ambiente (COA), su reglamento (RCOA), el Código Integral Penal (COIP) y la Constitución del Estado Ecuador, no se plantea el problema ni los objetivos. Parte de la introducción se la plantea como marco teórico
VALORACIÓN TOTAL	84/100	

DICTAMEN

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

Recomendación	**Marque con X**
Aprobar	x
No Aprobar	
CALIFICACIÓN	84/100

Atentamente,

Fírmado electrónicamente por:
RICARDO VINICIO ABRIL SALTOS

Ricardo Vinicio Abril Saltos
PAR CIEGO

Dado en la ciudad de Puyo, a los 09 días del mes de agosto de 2022

FORMATO 4
APROBACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
(Uno por cada evaluador)

En el siguiente cuadro se detalla un conjunto de criterios a evaluar con un total de cien (100) puntos.		
Criterios	**Puntaje**	**Argumentos de la calificación**
1. TÍTULO		
El título es conciso e informativo de la idea principal del escrito. Genera expectativas de lectura que se cumplen.	4/5	Definir mejor el tema, Los biofiltros como alternativa de mitigación a la contaminación de aguas residuales en el barrio Pindo Grande del cantón Pastaza.
2. RESUMEN		
Entrega información necesaria que oriente al lector a identificar de qué se trata la investigación y su relevancia. Incorpora los objetivos, metodología, principales hallazgos y conclusiones.	4/5	Mejorar redacción, en especial lo que corresponde a la parte metodológica.
3. INTRODUCCION		
Entrega información sobre la temática a tratar. Describe la relevancia del tema dentro de las temáticas de investigación, vinculación y docencia. Presentación del problema y objetivos del problema del artículo de manera clara y concisa.	13/20	No está claro el objetivo principal ni la importancia de hacer este estudio. Se refiere más a aspectos muy generales
4. MARCO TEÓRICO		
Marco teórico coherente y articulado con los objetivos. Entrega conceptos de términos que son empleados en el estudio. Sustenta el referente conceptual con adecuadas fuentes de autoridad.	12/15	Existen varios parágrafos enteros sin ninguna cita. Importante citar por lo menos dos autores diferentes por cada subtema
5. METODOLOGIA		
Describe el tipo de investigación a desarrollar. Expone con claridad el procesamiento de la información y obtención de los datos. Plantea los criterios de análisis con que se abordó la información.	13/15	Mejorar redacción en lo referente a la selección de las muestras. Importante considerar más muestras dos casas no representan la realidad global de El Pindo.

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS		
Entrega los resultados de manera organizada a partir del problema planteado, objetivos específicos, etc. Los cuadros y figuras son pertinentes y están claramente representados. El texto no repite información entregada en los cuadros y figuras.	22/25	Importante contrastar este tipo de estudio con otros similares. Hace referencia a "coinciden con los resultados obtenidos por Reyes (2016)", pero no se sabe cuales son esos resultados. (valores numéricos, que permita la comparación y análisis).
7. CONCLUSIONES		
Las conclusiones deben ser claras y precisas, acorde a los objetivos trazados. Discute, reflexiona sobre los resultados obtenidos.	6/10	Conclusiones muy generales debe centrarse a sus resultados de forma específica.
8. REFERENCIAS		
Atiende las normas APA en las citas, fuentes y referencias. Las referencias bibliográficas tienen la fuente en el texto y viceversa.	3/5	Uniformizar si la bibliografía referente a los autores ejemplo MONTOYA J.A, 2017 colocar en minúsculas. Además, revisar existen bibliografía que no consta en las citas.
VALORACIÓN TOTAL	77	

DICTAMEN

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

Recomendación	**Marque con X**
Aprobar	X
No Aprobar	
CALIFICACIÓN	77

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
DALTON MARCELO PARDO ENRIQUEZ

Dr. Dalton Marcelo Pardo
Enríquez PhD.

Dado en la ciudad de Puyo, a los 11 días del mes de agosto de 2022

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA
CARRERA DE AMBIENTAL

Puyo, 3 de agosto de 2022

Por medio del presente CERTIFICO que:

El Trabajo de Integración Curricular correspondiente al estudiante: Arredondo García Stalin Fabián, con C.I. 2300390776, con el Tema: "**Uso de biofiltro para reducir la contaminación de las aguas residuales en el barrio Pindo Grande del Cantón Pastaza**.", de la carrera de Ingeniería Ambiental. Docente-director del Trabajo de Integración Curricular, ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 0%, Informe generado con fecha 3 de agosto de 2022 por parte del director conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
MARIA DEL CISNE LOJAN CARRION

Mg. María del Cisne Loján
Docente-director del Trabajo de Integración Curricular

Curiginal

Document Information

Analyzed document	Uso de biofiltro para reducir la contaminación de las aguas residuales en el
Submitted	barrioPindo Grande.pdf (D142168621) 3/08/2022 7:25:00 AM
Submitted by	María del Cisne Loján
Submitter email	mlojan@uea.edu.ec
Similarity	0%
Analysis address	lojan.maria.uea@analysis.urkund.com

Sources included in the report

Entire Document

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA Trabajo de Integración Curricular Uso de biofiltro para reducir la contaminación de las aguas residuales en el barrio Pindo Grande del cantón Pastaza Arredondo García Stalin Fabián 1 amb2017311@uea.edu.ec Rivadeneira Juela Kherly Cristina 1 amb2017138@uea.edu.ec Loján Carrión María del Cisne, M.g 2 mlojan@uea.edu.ec Universidad Estatal Amazónica, Facultad de Ciencias de la Vida, Carrera de Ingeniería Ambiental Resumen El uso de biofiltros permite disminuir el impacto ambiental negativo que se produce por la contaminación presente en las aguas. La implementación de biofiltros se contempla como una alternativa que contrasta la problemática expuesta. Dentro de esta investigación, se estableció como objetivo general implementar un sistema de biofiltro para reducir la contaminación de aguas residuales en el barrio Pindo Grande. Para cumplir con nuestro objetivo se procedió a recolectar muestras de aguas residuales de dos viviendas pertenecientes al barrio Pindo Grande del cantón Pastaza, debido a que las aguas residuales desembocan directamente al rio Pindo. Consecuentemente se realizó una comparativa entre las muestras recolectadas y analizándolas en el laboratorio tomando en cuenta los parámetros universales para las aguas residuales: Potencial Hidrogeno (pH), Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO), Sólidos Suspendidos (SS) y solidos suspendidos Totales (TSS). Los resultados obtenidos del laboratorio indicaron que dichas aguas residuales no cumplían con los parámetros establecidos dentro de la normativa ecuatoriana del acuerdo ministerial 097-A, tabla 9 que habla sobre los límites máximos permisibles de descarga a los cuerpos de agua dulce. Posteriormente se instaló un sistema de biofiltro dentro de una de las viviendas de las que se recolectó las muestras, al pasar dos semanas se procedió a tomar nuevamente muestras de las viviendas y se llevó al laboratorio. Los resultados que se obtuvieron de la muestra de agua residual de la vivienda donde se instaló el sistema de biofiltro establecieron parámetros que se cumplieron conforme a la normativa ambiental ecuatoriana. Por otra parte, la vivienda

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA Trabajo de Integración Curricular donde no se instaló el biofiltro arrojó resultados desfavorables dentro de los límites establecidos. En conclusión, la implementación de un sistema de tratamiento de aguas residuales es una alternativa propicia para disminuir significativamente la contaminación del rio Pindo. Palabras clave: Aguas residuales, Biofiltro, contaminación, Normativa Ambiental Ecuatoriana, Tratamiento Abstract The use of biofilters reduces the negative environmental impact caused by water pollution. The implementation of biofilters is considered as an alternative that contrasts the above mentioned problems. The general objective of this research was to implement a biofilter system to reduce wastewater contamination in the Pindo Grande neighborhood. In order to fulfill our objective, we proceeded to collect wastewater samples from two houses belonging to the Pindo Grande neighborhood in the Pastaza canton, since the wastewater flows directly into the Pindo river. Consequently, a comparison was made between the samples collected and analyzed in the laboratory taking into account the universal parameters for wastewater: Hydrogen Potential (pH), Biochemical Oxygen Demand (BOD), Suspended Solids (SS) and Total Suspended Solids (TSS). The results obtained from the laboratory indicated that the wastewater did not comply with the parameters established in the Ecuadorian regulations of ministerial agreement 097-A, table 9, which talks about the maximum permissible limits for discharge into freshwater bodies. Subsequently, a biofilter system was installed inside one of the houses from which the samples were collected. After two weeks, samples were taken again from the houses and taken to the laboratory. The results obtained from the wastewater sample of the house where the biofilter system was installed established parameters that complied with Ecuadorian environmental regulations. On the other hand, the house where the biofilter was not installed showed unfavorable results within the established limits. In conclusion, the implementation of a wastewater treatment system is a favorable alternative to significantly reduce the contamination of the Pindo River. Keywords: Wastewater, Biofilter, contamination, Ecuadorian Environmental Regulations, Treatment.

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA Trabajo de Integración Curricular 1. INTRODUCCIÓN Enmarcados dentro de la agenda 2030 para el desarrollo sostenible establecida por la Organización de las Naciones Unidas (ONU, 2015) se encuentran los 17 Objetivos para el Desarrollo Sostenible (ODS) los cuales fueron creados haciendo un llamado universal para poder poner fin a la pobreza, proteger el planeta, mejorar las vidas y las perspectivas de las personas de todo el mundo dentro de los próximos 15 años. Una de las metas establecidas dentro del el objetivo 6 para el desarrollo sostenible menciona que hasta el 2030 se espera mejorar la calidad de agua mediante la reducción de la contaminación proveniente de los de los vertidos que contienen productos químicos y materiales peligrosos, además, se espera reducir a la mitad el porcentaje de aguas residuales sin tratamiento previo a su disposición final. El estudio realizado

por

la (Organización Mundial de la Salud [OMS] & el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia [UNICEF], 2021)

reveló que para ese año solo el 55% de la población de América Latina y el Caribe contaba con sistemas de servicios básicos y únicamente el 34% de la población podía acceder a dichos servicios gestionados de manera segura, es decir, alrededor de la mitad de los hogares no contaban para ese entonces con sistemas adecuados para el manejo de los servicios básicos incluyendo al tratamiento de las aguas residuales generadas dentro de los mismos. El agua residual es resultado de actividades humanas, ya sean industriales o domesticas estas contienen sustancias y microorganismos peligrosos para el ambiente y la salud humana (González Pérez, 2016) . Habitualmente se considera que alrededor del 80% del total de las aguas generadas dentro de los hogares son grises. El mal manejo de las aguas residuales domiciliares en los barrios y comunidades que no cuentan con sistemas de alcantarillado adecuados tienen como efecto la acumulación de las mismas en forma de charcos en las calles, estas atraen patógenos que son causantes de enfermedades que por lo general afectan a los grupos más vulnerables que se encuentran expuestos y por ende condicionan las condiciones de vida humana (Delgado & Pérez, S.f). Para dar tratamiento a las aguas residuales se requieren procesos que se acoplen a las diferentes condiciones técnicas y socioeconómicas de los diferentes sectores donde se requería su implementación, en especial en las zonas donde los sistemas de drenaje no existen y las aguas residuales desembocan directamente a los cuerpos de agua. Por ende, los biofiltros pretenden ser una alternativa que den solución a las problemáticas

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA Trabajo de Integración Curricular ambientales en los sectores sociales, además permiten reutilizar el agua tratada, ahorrando costos y ayudando al medioambiente (Sosa, Vigueras, & Holguín, 2014). Delgado & Pérez (S.f) sostienen que la viabilidad que presentan los biofiltros frente a las aguas residuales es amplia, puesto que su funcionamiento se produce a partir de procesos naturales que han demostrado ser considerados como una tecnología conveniente para el tratamiento de las aguas por su eficiencia de remoción de materia orgánica presente en las aguas residuales de hasta de un 95%, haciendo que el agua tratada sea reutilizada para el riego, utilizada para recargar acuíferos o dándole disposición final hacia los cuerpos de agua. Para poder garantizar la seguridad de consumo del agua es importante el control y la regulación de las actividades que puedan modificar o alterar de manera negativa los cuerpos de agua. En ecuador dichas actividades están reguladas principalmente por los anexos que se establecen en el Acuerdo Ministerial 097-A, la normativa establece límites máximos permisibles con el objetivo de garantizar el buen estado y proteger los recursos hídricos que se encuentran dentro del territorio ecuatoriano, además, estos se encuentran amparados por el Código Orgánico del Ambiente (COA), su reglamento (RCOA), el Código Integral Penal (COIP) y la Constitución del Estado Ecuador. 2. DISEÑO DEL BIOFILTRO 2.1.1 Trampa de grasa de doble cámara La trampa de grasas de doble cámara procesa la retención de los sólidos y grasas con la acción de la gravedad permite retener la materia orgánica más pesada por sedimentación en la parte inferior de los tanques y en la parte superior pasan a flotar las grasas y los sólidos de menor tamaño que quedan suspendidos en la figura 1 de muestra el proceso de funcionamiento. Imagen 1. Trampa de grasa de doble cámara Fuente: Los autores, 2022

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA Trabajo de Integración Curricular La trampa de Grasa no solamente retiene la grasa, por flotación, sino que atrapa sólidos por sedimentación-la gravedad. 2.1.2 Humedal artificial El humedal tiene las dimensiones de 1.5 metros x 1.5 metros con una profundidad de 50 centímetros es filtrar la materia que no se retuvo en el sistema de la trampa de grasas y absorber los contaminantes de las aguas residuales que llegan al humedal, esto ocurre mediante la circulación del agua residual a través de varias capas de grava de diferente tamaño y porosidad, además, el sistema cuenta con plantas acuáticas como la lenteja de agua común (Lemna minor), el junco palustre (Eleocharis palustris), el cálamo aromático (Acorus calamus), la juncia de agua (Cyperus difformis) y el llantén acuático (Alisma plantago-aquatica), las cuales fueron recolectadas de humedales naturales cercanos, estas especies al encontrarse adaptadas al medio permiten la absorción y almacenamiento en su estructura de residuos contaminantes que ingresan al humedal logrando que la contaminación del agua residual disminuya considerablemente antes de tener disposición hacia el rio Pindo. 3. METODOLOGÍA El estudio analítico, descriptivo, aplicado o tecnológico realizado en el barrio Pindo Grande, el cual abarca alrededor de unas 15 casas y tiene una extensión aproximada de 300m, perteneciente a la parroquia Tarqui de la ciudad de puyo, el cual no cuenta con un sistema de alcantarillado, por lo que las aguas grises de los diferentes hogares que existen en este barrio tienen como disposición final el río Pindo lo cual ha generado varios problemas ambientales. Imagen 2. Humedal artificial Fuente: Los autores, 2022

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA Trabajo de Integración Curricular Como una alternativa a este problema, se ha realizado un estudio a pequeña escala, instalando un biofiltro y un humedal artificial con plantas acuáticas depuradoras de aguas en una casa de este sector, además se tomó muestras del agua antes y después de pasar por el biofiltro, humedal y llevándolas al laboratorio para realizar los respectivos análisis y así identificar qué tipo de contaminantes se encuentran en estas, así demostraremos si los resultados que se han conseguido después de haberse realizado este proceso han sido favorables o no. 3.1 Cómo funcionan los biofiltros domésticos Un filtro primero recibe las aguas grises que son expulsadas de los hogares, la misma que se deposita en grandes estanques que funcionan como trampas de grasa, enviando todo residuo sólido al fondo y separando las grasas las cuales salen a flote debido a que las grasas, aceites y el agua no se mezclan. Luego pasan a diferentes estanques realizando el mismo proceso y así reduciendo la cantidad de contaminación. A continuación, las aguas son depositadas en un humedal artificial el cual contiene materiales que funcionarán como filtrantes, además aquí se encontraran plantas acuáticas las mismas que absorberán la contaminación restante y ayudaran con la depuración de estas aguas, para así poder hacer de estas aguas reutilizables para actividades como el riego o simplemente que lleguen a tener una disposición final hacia un cuerpo de agua, pero esto ya bajo los límites de descarga permisibles. 3.2 Materiales utilizados para la trampa de grasas y el humedal artificial Tabla 1. Materiales utilizados para la implementación del biofiltro Cantidad Descripción de los materiales Cantidad Descripción de los materiales 2 tanques plásticos de 50 L 3 Adaptadores de 1 pulgada 2 Codos 1 Reductor de 2 x 1 pulgada 2 Neplos de 15 cm x 1 pulgada 1 Tubo de 50 x 3 m 2 Neplos de 4 cm x 1 pulgada 1 Manguera de 1pulg 3 Adaptadores 1 Teflón 2 TEE de 1 pulgada 4 Abrazaderas 1 Geomembrana 2.5m x2.5m 1 Pegatubo Fuente: Los autores, 2022

Curiginal

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA Trabajo de Integración Curricular 3.3 Procesos, análisis realizados Se realizó diferentes tipos de análisis en el laboratorio para las muestras tomadas como son: • Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) • Oxígeno disuelto (OD) • Saturación (Sat) • Potencial Hidrógeno (pH) • Temperatura (°C) • Sólidos Totales (ST) • Sólidos Suspendidos Totales (TSS) • Nitrógeno Total (NT) 4. DESARROLLO EXPERIMENTAL 4.1. Análisis de la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) 1. Mantener la muestra a una temperatura de 19 a 21°C 2. Licuar la muestra e introducirla en un cilindro graduado. 3. Agregar un sobre amortiguador de nutrientes en el cilindro. 4. Con una pipeta agregar la semilla, llenarlo con una piceta de agua destilada hasta los 50 ml. 5. Llevar la muestra e introducirla en una botella BODtrak II. 6. Repetir el proceso con todas las muestras a realizarse. 7. Colocar un agitador en la botella BODtrak II 8. Agregar una copa sellada en el cuello de la botella, con una pinza agregar dos pastillas de hidróxido, realizarlo en cada botella. 9. Llevar las botellas al equipo BODtrak II que se encuentra dentro de la incubadora a una temperatura de 20°C. 10. Conectar los tubos a cada una de las muestras y cerrar la tapa. 11. Enchufar el equipo y encenderlo, verificar que todos los agitadores se encuentren girando correctamente. Si no es así levantarlo y bajarlo hasta que funcione correctamente. 12. Para la configuración presionar las flechas que indican derecha e izquierda y así acceder al menú.

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA Trabajo de Integración Curricular 13. Presiona el número de canal en el que se encuentre la muestra y configurarla para el día 5 que se esperan los resultados. 14. Presionar el botón de apagado para guardas la configuración realizada. 15. En cada canal seleccionar el rango de 350 para cada muestra. 16. Aplastar el botón de encendido y esperar el tiempo que se ha dispuesto. Ecuación: C= ? – ? ?? (HACH, 2020) 4.2. Análisis de Oxígeno disuelto (OD) Para realizar el oxígeno disuelto se tomó un equipo de medición de pH o pHmetro. 1. Se le conectaron sensores electroquímicos y se verifico si funcionaban correctamente. 2. Se los procedió a introducir dentro de las muestras, en la cual el resultado ya nos salía en la pantalla del equipo de medición de pH. 3. Se repitió el mismo proceso en todas las muestras. 4.3. Análisis de Saturación (Sat) Para la saturación se utilizó el mismo equipo de medición de pH, y al introducir los sensores electroquímicos en la muestra nos indicaba en la pantalla los resultados de saturación de las muestras. Se lo realizó en todas las muestras. 4.4. Análisis de Potencial Hidrógeno (pH) 1. Para realizar el potencial hidrógeno presente en las muestras primero se calibró con cantidades de 0,4- 0,7 y 10. 2. Se tomó la primera muestra y se introdujo la sonda multiparamétrica en la muestra y se esperó hasta que el resultado se estabilice en la pantalla. 3. Se realizó el mismo proceso con todas las muestras. 4.5. Análisis de Temperatura (°C) 1. Al haberse medido el pH de cada muestra se procedió a introducir un termómetro durante 3 minutos.

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA Trabajo de Integración Curricular 2. Se lo retiró de la muestra y se tomó nota de los resultados obtenidos. 3. Se procedió a hacer el mismo proceso con el resto de muestras. 4..6. Análisis de Sólidos Totales (ST) Procedimiento: 1. Tomar la cantidad de cápsulas para realizar el análisis. 2. Introducir las cápsulas en un horno mufla durante 1 hora. 3. Proceder a retirarlas y dejarlas enfriar. 4. Introducir en el desecador durante 15 minutos. 5. procede a retirarlas y pesarlas en la balanza. 6. Repetir el proceso con cada una de las cápsulas. 7. Tomamos 100 ml de muestra y las introducimos en las cápsulas. 8. Ponerlas en un secador agitador a una temperatura de 103- 105°C hasta evaporarse. 9. Llevar las cápsulas a un horno de secado durante 1 hora a una temperatura de 105°C. 10. Enfriar las cápsulas e introducirlas en el desecador durante 15 minutos. 11. Retirar las muestras del desecador y proceder a pesarlas en la balanza. Con los pesos obtenidos aplicarlos en la ecuación. Total sólidos mg/L = (–) 1000 50 4.7. Análisis de Sólidos Suspendidos Totales (TSS) Procedimiento: 1. Preparar un aparato de filtración y aplicar un papel filtro. 2. Insertar 40 ml de agua destilada y succionar hasta quedar vacío. 3. Retirar el filtro con una pinza y ponerlo sobre un papel aluminio. 4. Introducir en un horno durante 1 hora a 105°C. 5. procede a retirarlas y dejarlas enfriar. 6. Llevarlo al desecador durante 10 minutos. 7. Retirarlo y proceder a pesarlo en la balanza. 8. el proceso con cada filtro. 9. Tomar 40 ml de muestra e insertar en el aparato de filtración. 10. Succionar hasta quedar vacío y quedar solo los sólidos suspendidos. 11. Retirar el filtro con una pinza y ponerlo en el papel aluminio. 12. Llevarlo a un horno a 105°C durante 1 hora.

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA Trabajo de Integración Curricular 13. Dejar enfriar e introducirlo en el desecador durante 10 minutos. 14. Sacarlos con una pinza y pesarlos en la balanza. 15. Repetir el proceso con cada uno de los filtros. 16. Aplicar la siguiente fórmula para la obtención de los resultados. Ecuación: Total sólidos mg/L= (–) 1000 40 4.8. Análisis de Nitrógeno Total (NT) 1. Preparar el destilador de proteína agregando agua destilada. 2. Enrazar un vaso de precipitación de 2000 ml de hidróxido de sodio (NaOH). 3. Pesar 20g de ácido bórico en un vaso de precipitación. 4. Medir 60ml de NaOH al 45,4 % e introducirla en un matraz aforado de 1000ml, mezclarla con agua destilada. 5. Agregar el ácido bórico en el matraz, con una piceta limpiar las paredes del matraz en el que se encuentren residuos de ácido. 6. Tomar un agitador y ponerla en el matraz, llevarlo al agitador hasta mezclar. 7. Tomar 35ml de ácido bórico en un Erlenmeyer y agregar 3 gotas de indicador de tashiru (la mezcla se tornará de color lila). 8. Poner la muestra en contacto con el agua y agregar el ácido bórico, llevarla al destilador de proteína por 10 minutos. 9. Al destilar la muestra, titular con ácido sulfúrico H2SO4 10. Llenar una bureta con H2SO4. 11. Llevar el Erlenmeyer con ácido bórico a un agitador. 12. Introducir el agitador en el Erlenmeyer y mezclar, agregar gotas de H2SO4 hasta que este cambie de color. Repetir el proceso con todas las muestras. Aplicar la fórmula con los resultados obtenidos. %N= 100 (R Baird, 2017)

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA Trabajo de Integración Curricular 5. RESULTADOS Para la obtención de los resultados se recolectaron muestras de agua residual de dos viviendas que se encuentran en el barrio Pindo Grande, las muestras 1. se las recolecto de la casa 1 y casa 2 antes de proceder a instalar el sistema de biofiltro en la casa 1, se las llevó al laboratorio y se realizaron análisis de parámetros como: Solidos Suspendidos totales, Solidos Totales, Nitrógeno Total, Demanda Biológica de Oxigeno y Potencial de Hidrogeno. Después de tres semanas de haber instalado el sistema de biofiltro la casa 1. se volvieron tomar muestras de agua residual, la muestra 2. de la casa 1. se la tomó de la salida de agua del sistema de biofiltro, mientras que la muestra 2. de la casa 2. simplemente se la recolectó de la tubería de desagüe y se aplicaron en el laboratorio los mismos parámetros que se realizaron para las muestras 1. Los resultados que se obtuvieron tanto de las muestras 1 y 2 se compararon respectivamente con la normativa ambiental vigente para los limites de descarga a un cuerpo de agua dulce, la cual se encuentra establecida en la tabla 9 del acuerdo ministerial 097-A y se determinó si las muestras se acogen al cumplimiento del acuerdo. 5.1. Solidos Suspendidos Totales (SST) Los resultados obtenidos de los Solidos Suspendidos Totales en el laboratorio para las muestras 1. De las casas 1 y 2 fueron de 505 mg/L para la casa 1. y de 295 mg/L para la casa 2. respectivamente. Según la normativa ambiental el límite máximo permisible para Figura 1. Resultados de Solidos suspendidos Totales Fuente: Los autores, 2022 0 65 130 195 260 325 390 455 520 Muestra 1 tomada de la casa 1 Muestra 1 tomada de la casa 2 Muestra 2 tomada de la casa 1 Muestra 2 tomada de la casa 2 Limite maximo permisible 505 295 55 247,5 130 mg/L Muestras Sólidos suspendidos totales (SST)

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA Trabajo de Integración Curricular los sólidos suspendidos totales es de 130 mg/L, es decir, ninguna de las dos muestras de agua residual se encontró dentro del cumplimiento de la normativa ambiental. Para la muestra 2 de la casa 1 y 2 los resultados se encontraron en 55 mg/L para la casa 1. y 247,5 mg/L, por lo tanto, se establece que en la casa 1. a la que se instaló el sistema de biofiltro si se encuentra dentro de los estándares permitidos por la normativa ambiental, a diferencia de la casa 2. la cual se estableció con 247,5 mg/L, siendo valores similares a los de su primera muestra. 5.2. Resultados de Solidos Totales (ST) Figura 2. Resultados de Solidos Totales Los resultados de los Solidos Totales para las muestras 1. De las casas 1 y 2 fueron de 1577.5 mg/L para la casa 1. y de 2772 mg/L para la casa 2. La normativa ambiental establece el límite máximo permisible para los sólidos totales en 1600 mg/L. la muestra1 de la casa 1cumplió con la normativa, pero se debe tomar en consideración que se aproximó al límite máximo permitido, mientras que la muestra 1 de la casa 2 dio como resultado que no cumplía con la normativa ambiental. Los valores de la muestra 2 de las casas 1 y 2 se encontraron en 53.65.5 mg/L para la casa 1. y 5955.5 mg/L para la casa 2. La normativa ambiental para este parámetro establece un máximo de 1600 mg/L, por lo cual, se encuentra que en la casa 1. se encuentra dentro de los estándares permitidos por la normativa ambiental. Contrario a eso, los resultados de la casa 2 arrojaron que se encuentran muy por encima de lo que establece la normativa ambiental ecuatoriana para la disposición final a los cuerpos de agua dulce. 0 600 1200 1800 2400 3000 3600 4200 4800 5400 6000 Muestra 1 tomada de la casa 1 Muestra 1 tomada de la casa 2 Muestra 2 tomada de la casa 1 Muestra 2 tomada de la casa 2 Limite maximo permisible 1577,5 2772 365,5 5955,5 1600 mg/L Muestras Solidos Totales (ST) Fuente: Los autores, 2022

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA Trabajo de Integración Curricular 5.3. Nitrógeno Total Kjedahl Las muestras 1 para las casas 1 y 2 establecieron sus valores en 256.193 mg/L y 341.591 mg/L respectivamente, considerando que el límite máximo permisible establecido en la normativa ambiental es 50 mg/L se concluye que ninguna de las aguas residuales cumplió con la normativa, por lo que las casas no deben permitir que sus aguas residuales tengan disposición hacia el rio Pindo. Los resultados de la muestra 2 para las casas 1 y 2 fueron de 48.392 mg/L para la casa 1 y de 199.261 mg/L para la casa 2. Según la Tabla 5 el límite máximo permitido por la normativa para el nitrógeno total de Kjedahl es de 50 mg/L. La muestra 2 de la casa 1 cumple con la normativa, a diferencia de la muestra 2 de la casa 1, la cual es aproximadamente tres veces superior a lo que estipula la normativa ambiental. 5.4. Demanda Bioquímica de Oxigeno Figura 4. Resultados de Demanda Bioquímica de oxigeno Fuente: Los autores, 2022 Figura 3. Resultados de Nitrógeno Total Kjedahl Fuente: Los autores, 2022 0 50 100 150 200 250 300 350 Muestra 1 tomada de la casa 1 Muestra 1 tomada de la casa 2 Muestra 2 tomada de la casa 1 Muestra 2 tomada de la casa 2 Limite maximo permisible 256,193 341,591 48,392 199,261 50 mg/L Muestras Nitrógeno Total Kjedahl 0 30 60 90 120 150 180 Muestra 1 tomada de la casa 1 Muestra 1 tomada de la casa 2 Muestra 2 tomada de la casa 1 Muestra 2 tomada de la casa 2 Limite maximo permisible 40,6 165,3 7,25 174 100 mg/L Muestra Demanda Bioquímica De Oxígeno (5 DÍAS)
UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA Trabajo de Integración Curricular En la Tabla_5 se establece el límite máximo permisible para la demanda bioquímica de oxigeno que deben tener las aguas residuales para poder desembocar en los cuerpos de agua dulce, el valor máximo aceptado es de 100 mg/L. En el caso de la muestra 1 de la casa 1 presentó condiciones que se encuentran permitidas en la normativa. Por otra parte, la muestra 1 de la casa 2 se encuentra por encima de lo establecido por la ley. Las muestras 2 de las casas 1 y 2 resultaron con valores de 7.25 mg/L para la casa 1 y 174 mg/L para la casa 2. El resultado de la muestra 2 de la casa 1 no sobrepasa dicho límite, por lo que cumplió con lo establecido en el marco legal. 5.5. Potencial de hidrogeno En condiciones de pH en los resultados de las muestras 1 de las casas 1 y dos se puede determinar que la muestra 1 de la casa 1 no se encontró bajo los valores permitidos en la normativa puesto que, su resultado fue de 9.17, siendo diferente al rango de pH establecido, el cual se encuentra entre 6 a 9 en la escala de pH. Los resultados obtenidos de las muestras 2 fueron satisfactorios, puesto que los valores se encontraron dentro de los límites permitidos por la ley, siendo estos 6.3 para la casa 1 y 7.39 para la casa 2. CONCLUSIONES Las aguas residuales que se producen en las viviendas pertenecientes al barrio Pindo Grande no cumplen con la normativa ambiental de la Tabla 9 establecida en el Acuerdo Ministerial 097-A. Tres de las cuatro muestras que se sometió a análisis de laboratorio arrojaron valores superiores a los permitidos por los estándares de calidad ambiental, por lo que se concluye que el rio Pindo está siendo contaminado por los volúmenes de agua residual desembocados en el mismo. Las muestras tomadas de la vivienda que contó con la implementación del biofiltro disminuyeron la concentración de contaminación considerablemente a partir de que empezó el funcionamiento de la trampa de grasas de doble cámara y el humedal artificial instalados. La muestra de agua que pasó por el biofiltro presento condiciones aceptadas dentro de la normativa ambiental ecuatoriana, deduciendo que el sistema implementado fue efectivo en la descontaminación de las aguas residuales. 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 Muestra 1 tomada de la casa 1 Muestra 1 tomada de la casa 2 Muestra 2 tomada de la casa 1 Muestra 2 tomada de la casa 2 9,17 8,22 6,3 7,39 pH Muestras Potencial de Hidrogeno (pH) Figura 5. Resultados de Potencial de Hidrogeno Fuente: Los autores, 2022
UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA Trabajo de Integración Curricular La necesidad de abastecer al barrio Pindo Grande con sistemas de biofiltro es importante, puesto que la contaminación de las aguas del rio Pindo conllevan a problemas ambientales afectando a la flora y fauna de sus alrededores. De igual manera, la de la salud humana se ve comprometida puesto que, existen personas que utilizan en su vida cotidiana el agua del rio en sus actividades diarias. I. BIBLIOGRAFÍA Acuerdo Ministerial 097-A. (2015). Obtenido de https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018- 09/Documento_Registro-Oficial-No-387-04-noviembre-2015_0.pdf
Código Orgánico del Ambiente . (2018). Obtenido de https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/09/Codigo-Organico-del-Ambiente.pdf Código Orgánico Integral Penal. (2021). Obtenido de https://www.defensa.gob.ec/wp- content/uploads/downloads/2021/03/COIP_act_feb-2021.pdf
Constitución de la República del Ecuador. (2008). Obtenido de https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/09/Constitucion-de-la-Republica-del- Ecuador.pdf
Delgado, H., & Pérez, W. (S.f). BIOFILTROS DOMICILIARES: Filtros biológicos para la remoción de nutrientes de aguas grises. IDEASS NICARAGUA, 2. Obtenido de https://www.ideassonline.org/innovations/brochureView.php?id=75
Espigares, G. M., & Pérez, L. J. (1985). Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Agua (CIDTA). Obtenido de https://
cidta.usal.es/cursos/edar/modulos/edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/
Agua s_Residuales_composicion.
pdf

Espinosa-Lloréns, M. d., León-Hernández, Y., & Rodríguez-Petit, X. (2013). Problemática de la determinación de especies nitrogenadas (nitrógeno total y amoniacal) en aguas residuales. Revista CENIC. Ciencias Químicas [en linea], 44( ), 1-12. Recuperado el 15 de Julio de 2022, de https://www.redalyc.org/pdf/1816/181629303001.pdf González Pérez, C. E. (2016). Eficacia de un biofiltro a base de la microalga spirulina sp para el tratamiento de las aguas residuales, 2016 [Tesis de ingienería, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/34566 HACH. (2020). BODTrak II™. Edition 3. Ley de Gestión Ambiental . (2012). Obtenido de https://www.ambiente.gob.ec/wp- content/uploads/downloads/2012/09/LEY-DE-GESTION-AMBIENTAL.pdf Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua. (2014). Obtenido de https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-
UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA Trabajo de Integración Curricular
09/Documento_Ley-Org%C3%A1nica-Recursos-h%C3%ADdricos-usos- aprovechamiento-agua.pdf Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2015). Objetivos de Desarrollo Sostenible. Obtenido de https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water- and-sanitation/
Organización Mundial de la Salud (OMS) & el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF). (2021).
Progresos en materia de agua para consumo, saneamiento e higiene en los hogares 2000-2020: cinco años después de la adopción de los ODS.
Obtenido de https://washdata.org/report/jmp-2021-wash- households-es organización Mundial de la Salud (OMS). (2018). Obtenido de https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/272403/9789243549958- spa.pdf?ua=1 R Baird, A. E. (2017). Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater 23nd Edition. Joint Editorial Board. Rodríguez, J. A. (2017). Evaluación De La Eficiencia De Remoción En Los Parámetros De Demanda Biológica De Oxigeno Y Demanda Química De Oxígeno Del Sistema De Tratamiento De Aguas Residuales En La Urbanización La Joya Etapa Platino[Tesis de ingienería, Universidad de Guayaquil]. Repositorio Institucional, Guayaquil- Ecuador. Obtenido de http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/17786
Sosa, D., Vigueras, J., & Holguín, E. (2014).
LA BIOFILTRACIÓN: UNA ALTERNATIVA SUSTENTABLE PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES. VIDSUPRA
Visión Cientifíca, 6. Obtenido de https://www.ciidirdurango.ipn.mx/ assets/files/ciidirdurango/docs/VIDSUPRA/R EVISTAS/VSV6N2.pdf#page=12

Hit and source - focused comparison, Side by Side

Submitted text	As student entered the text in the submitted document.
Matching text	As the text appears in the source.

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA
CARRERA DE AMBIENTAL

Puyo, 3 de agosto de 2022

Por medio del presente CERTIFICO que:

El Trabajo de Integración Curricular correspondiente al estudiante: Rivadeneira Juela Kherly Cristina**,** con C.I. 1401275522, con el Tema: "**Uso de biofiltro para reducir la contaminación de las aguas residuales en el barrio Pindo Grande del Cantón Pastaza**.", de la carrera de Ingeniería Ambiental. Docente-director del Trabajo de Integración Curricular, ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 0 %, Informe generado con fecha 3 de agosto de 2022 por parte del director conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
MARIA DEL CISNE LOJAN CARRION

Mg. María del Cisne Loján
Docente-director del Trabajo de Integración Curricular

Curiginal

Document Information

Analyzed document	Uso de biofiltro para reducir la contaminación de las aguas residuales en el
Submitted	barrioPindo Grande.pdf (D142168621) 3/08/2022 7:25:00 AM
Submitted by	María del Cisne Loján
Submitter email	mlojan@uea.edu.ec
Similarity	0%
Analysis address	lojan.maria.uea@analysis.urkund.com

Sources included in the report

Entire Document

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA Trabajo de Integración Curricular Uso de biofiltro para reducir la contaminación de las aguas residuales en el barrio Pindo Grande del cantón Pastaza Arredondo García Stalin Fabián 1 amb2017311@uea.edu.ec Rivadeneira Juela Kherly Cristina 1 amb2017138@uea.edu.ec Loján Carrión María del Cisne, M.g 2 mlojan@uea.edu.ec Universidad Estatal Amazónica, Facultad de Ciencias de la Vida, Carrera de Ingeniería Ambiental Resumen El uso de biofiltros permite disminuir el impacto ambiental negativo que se produce por la contaminación presente en las aguas. La implementación de biofiltros se contempla como una alternativa que contrasta la problemática expuesta. Dentro de esta investigación, se estableció como objetivo general implementar un sistema de biofiltro para reducir la contaminación de aguas residuales en el barrio Pindo Grande. Para cumplir con nuestro objetivo se procedió a recolectar muestras de aguas residuales de dos viviendas pertenecientes al barrio Pindo Grande del cantón Pastaza, debido a que las aguas residuales desembocan directamente al rio Pindo. Consecuentemente se realizó una comparativa entre las muestras recolectadas y analizándolas en el laboratorio tomando en cuenta los parámetros universales para las aguas residuales: Potencial Hidrogeno (pH), Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO), Sólidos Suspendidos (SS) y solidos suspendidos Totales (TSS). Los resultados obtenidos del laboratorio indicaron que dichas aguas residuales no cumplían con los parámetros establecidos dentro de la normativa ecuatoriana del acuerdo ministerial 097-A, tabla 9 que habla sobre los límites máximos permisibles de descarga a los cuerpos de agua dulce. Posteriormente se instaló un sistema de biofiltro dentro de una de las viviendas de las que se recolectó las muestras, al pasar dos semanas se procedió a tomar nuevamente muestras de las viviendas y se llevó al laboratorio. Los resultados que se obtuvieron de la muestra de agua residual de la vivienda donde se instaló el sistema de biofiltro establecieron parámetros que se cumplieron conforme a la normativa ambiental ecuatoriana. Por otra parte, la vivienda

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA Trabajo de Integración Curricular donde no se instaló el biofiltro arrojó resultados desfavorables dentro de los límites establecidos. En conclusión, la implementación de un sistema de tratamiento de aguas residuales es una alternativa propicia para disminuir significativamente la contaminación del rio Pindo. Palabras clave: Aguas residuales, Biofiltro, contaminación, Normativa Ambiental Ecuatoriana, Tratamiento Abstract The use of biofilters reduces the negative environmental impact caused by water pollution. The implementation of biofilters is considered as an alternative that contrasts the above mentioned problems. The general objective of this research was to implement a biofilter system to reduce wastewater contamination in the Pindo Grande neighborhood. In order to fulfill our objective, we proceeded to collect wastewater samples from two houses belonging to the Pindo Grande neighborhood in the Pastaza canton, since the wastewater flows directly into the Pindo river. Consequently, a comparison was made between the samples collected and analyzed in the laboratory taking into account the universal parameters for wastewater: Hydrogen Potential (pH), Biochemical Oxygen Demand (BOD), Suspended Solids (SS) and Total Suspended Solids (TSS). The results obtained from the laboratory indicated that the wastewater did not comply with the parameters established in the Ecuadorian regulations of ministerial agreement 097-A, table 9, which talks about the maximum permissible limits for discharge into freshwater bodies. Subsequently, a biofilter system was installed inside one of the houses from which the samples were collected. After two weeks, samples were taken again from the houses and taken to the laboratory. The results obtained from the wastewater sample of the house where the biofilter system was installed established parameters that complied with Ecuadorian environmental regulations. On the other hand, the house where the biofilter was not installed showed unfavorable results within the established limits. In conclusion, the implementation of a wastewater treatment system is a favorable alternative to significantly reduce the contamination of the Pindo River. Keywords: Wastewater, Biofilter, contamination, Ecuadorian Environmental Regulations, Treatment.

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA Trabajo de Integración Curricular 1. INTRODUCCIÓN Enmarcados dentro de la agenda 2030 para el desarrollo sostenible establecida por la Organización de las Naciones Unidas (ONU, 2015) se encuentran los 17 Objetivos para el Desarrollo Sostenible (ODS) los cuales fueron creados haciendo un llamado universal para poder poner fin a la pobreza, proteger el planeta, mejorar las vidas y las perspectivas de las personas de todo el mundo dentro de los próximos 15 años. Una de las metas establecidas dentro del el objetivo 6 para el desarrollo sostenible menciona que hasta el 2030 se espera mejorar la calidad de agua mediante la reducción de la contaminación proveniente de los de los vertidos que contienen productos químicos y materiales peligrosos, además, se espera reducir a la mitad el porcentaje de aguas residuales sin tratamiento previo a su disposición final. El estudio realizado

por

la (Organización Mundial de la Salud [OMS] & el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia [UNICEF], 2021)

reveló que para ese año solo el 55% de la población de América Latina y el Caribe contaba con sistemas de servicios básicos y únicamente el 34% de la población podía acceder a dichos servicios gestionados de manera segura, es decir, alrededor de la mitad de los hogares no contaban para ese entonces con sistemas adecuados para el manejo de los servicios básicos incluyendo al tratamiento de las aguas residuales generadas dentro de los mismos. El agua residual es resultado de actividades humanas, ya sean industriales o domesticas estas contienen sustancias y microorganismos peligrosos para el ambiente y la salud humana (González Pérez, 2016) . Habitualmente se considera que alrededor del 80% del total de las aguas generadas dentro de los hogares son grises. El mal manejo de las aguas residuales domiciliares en los barrios y comunidades que no cuentan con sistemas de alcantarillado adecuados tienen como efecto la acumulación de las mismas en forma de charcos en las calles, estas atraen patógenos que son causantes de enfermedades que por lo general afectan a los grupos más vulnerables que se encuentran expuestos y por ende condicionan las condiciones de vida humana (Delgado & Pérez, S.f). Para dar tratamiento a las aguas residuales se requieren procesos que se acoplen a las diferentes condiciones técnicas y socioeconómicas de los diferentes sectores donde se requería su implementación, en especial en las zonas donde los sistemas de drenaje no existen y las aguas residuales desembocan directamente a los cuerpos de agua. Por ende, los biofiltros pretenden ser una alternativa que den solución a las problemáticas

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA Trabajo de Integración Curricular ambientales en los sectores sociales, además permiten reutilizar el agua tratada, ahorrando costos y ayudando al medioambiente (Sosa, Vigueras, & Holguín, 2014). Delgado & Pérez (S.f) sostienen que la viabilidad que presentan los biofiltros frente a las aguas residuales es amplia, puesto que su funcionamiento se produce a partir de procesos naturales que han demostrado ser considerados como una tecnología conveniente para el tratamiento de las aguas por su eficiencia de remoción de materia orgánica presente en las aguas residuales de hasta de un 95%, haciendo que el agua tratada sea reutilizada para el riego, utilizada para recargar acuíferos o dándole disposición final hacia los cuerpos de agua. Para poder garantizar la seguridad de consumo del agua es importante el control y la regulación de las actividades que puedan modificar o alterar de manera negativa los cuerpos de agua. En ecuador dichas actividades están reguladas principalmente por los anexos que se establecen en el Acuerdo Ministerial 097-A, la normativa establece límites máximos permisibles con el objetivo de garantizar el buen estado y proteger los recursos hídricos que se encuentran dentro del territorio ecuatoriano, además, estos se encuentran amparados por el Código Orgánico del Ambiente (COA), su reglamento (RCOA), el Código Integral Penal (COIP) y la Constitución del Estado Ecuador. 2. DISEÑO DEL BIOFILTRO 2.1.1 Trampa de grasa de doble cámara La trampa de grasas de doble cámara procesa la retención de los sólidos y grasas con la acción de la gravedad permite retener la materia orgánica más pesada por sedimentación en la parte inferior de los tanques y en la parte superior pasan a flotar las grasas y los sólidos de menor tamaño que quedan suspendidos en la figura 1 de muestra el proceso de funcionamiento. Imagen 1. Trampa de grasa de doble cámara Fuente: Los autores, 2022

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA Trabajo de Integración Curricular La trampa de Grasa no solamente retiene la grasa, por flotación, sino que atrapa sólidos por sedimentación-la gravedad. 2.1.2 Humedal artificial El humedal tiene las dimensiones de 1.5 metros x 1.5 metros con una profundidad de 50 centímetros es filtrar la materia que no se retuvo en el sistema de la trampa de grasas y absorber los contaminantes de las aguas residuales que llegan al humedal, esto ocurre mediante la circulación del agua residual a través de varias capas de grava de diferente tamaño y porosidad, además, el sistema cuenta con plantas acuáticas como la lenteja de agua común (Lemna minor), el junco palustre (Eleocharis palustris), el cálamo aromático (Acorus calamus), la juncia de agua (Cyperus difformis) y el llantén acuático (Alisma plantago-aquatica), las cuales fueron recolectadas de humedales naturales cercanos, estas especies al encontrarse adaptadas al medio permiten la absorción y almacenamiento en su estructura de residuos contaminantes que ingresan al humedal logrando que la contaminación del agua residual disminuya considerablemente antes de tener disposición hacia el rio Pindo. 3. METODOLOGÍA El estudio analítico, descriptivo, aplicado o tecnológico realizado en el barrio Pindo Grande, el cual abarca alrededor de unas 15 casas y tiene una extensión aproximada de 300m, perteneciente a la parroquia Tarqui de la ciudad de puyo, el cual no cuenta con un sistema de alcantarillado, por lo que las aguas grises de los diferentes hogares que existen en este barrio tienen como disposición final el río Pindo lo cual ha generado varios problemas ambientales. Imagen 2. Humedal artificial Fuente: Los autores, 2022

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA Trabajo de Integración Curricular Como una alternativa a este problema, se ha realizado un estudio a pequeña escala, instalando un biofiltro y un humedal artificial con plantas acuáticas depuradoras de aguas en una casa de este sector, además se tomó muestras del agua antes y después de pasar por el biofiltro, humedal y llevándolas al laboratorio para realizar los respectivos análisis y así identificar qué tipo de contaminantes se encuentran en estas, así demostraremos si los resultados que se han conseguido después de haberse realizado este proceso han sido favorables o no. 3.1 Cómo funcionan los biofiltros domésticos Un filtro primero recibe las aguas grises que son expulsadas de los hogares, la misma que se deposita en grandes estanques que funcionan como trampas de grasa, enviando todo residuo sólido al fondo y separando las grasas las cuales salen a flote debido a que las grasas, aceites y el agua no se mezclan. Luego pasan a diferentes estanques realizando el mismo proceso y así reduciendo la cantidad de contaminación. A continuación, las aguas son depositadas en un humedal artificial el cual contiene materiales que funcionarán como filtrantes, además aquí se encontraran plantas acuáticas las mismas que absorberán la contaminación restante y ayudaran con la depuración de estas aguas, para así poder hacer de estas aguas reutilizables para actividades como el riego o simplemente que lleguen a tener una disposición final hacia un cuerpo de agua, pero esto ya bajo los límites de descarga permisibles. 3.2 Materiales utilizados para la trampa de grasas y el humedal artificial Tabla 1. Materiales utilizados para la implementación del biofiltro Cantidad Descripción de los materiales Cantidad Descripción de los materiales 2 tanques plásticos de 50 L 3 Adaptadores de 1 pulgada 2 Codos 1 Reductor de 2 x 1 pulgada 2 Neplos de 15 cm x 1 pulgada 1 Tubo de 50 x 3 m 2 Neplos de 4 cm x 1 pulgada 1 Manguera de 1pulg 3 Adaptadores 1 Teflón 2 TEE de 1 pulgada 4 Abrazaderas 1 Geomembrana 2.5m x2.5m 1 Pegatubo Fuente: Los autores, 2022

Curiginal

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA Trabajo de Integración Curricular 3.3 Procesos, análisis realizados Se realizó diferentes tipos de análisis en el laboratorio para las muestras tomadas como son: • Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) • Oxígeno disuelto (OD) • Saturación (Sat) • Potencial Hidrógeno (pH) • Temperatura (°C) • Sólidos Totales (ST) • Sólidos Suspendidos Totales (TSS) • Nitrógeno Total (NT) 4. DESARROLLO EXPERIMENTAL 4.1. Análisis de la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) 1. Mantener la muestra a una temperatura de 19 a 21°C 2. Licuar la muestra e introducirla en un cilindro graduado. 3. Agregar un sobre amortiguador de nutrientes en el cilindro. 4. Con una pipeta agregar la semilla, llenarlo con una piceta de agua destilada hasta los 50 ml. 5. Llevar la muestra e introducirla en una botella BODtrak II. 6. Repetir el proceso con todas las muestras a realizarse. 7. Colocar un agitador en la botella BODtrak II 8. Agregar una copa sellada en el cuello de la botella, con una pinza agregar dos pastillas de hidróxido, realizarlo en cada botella. 9. Llevar las botellas al equipo BODtrak II que se encuentra dentro de la incubadora a una temperatura de 20°C. 10. Conectar los tubos a cada una de las muestras y cerrar la tapa. 11. Enchufar el equipo y encenderlo, verificar que todos los agitadores se encuentren girando correctamente. Si no es así levantarlo y bajarlo hasta que funcione correctamente. 12. Para la configuración presionar las flechas que indican derecha e izquierda y así acceder al menú.

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA Trabajo de Integración Curricular 13. Presiona el número de canal en el que se encuentre la muestra y configurarla para el día 5 que se esperan los resultados. 14. Presionar el botón de apagado para guardas la configuración realizada. 15. En cada canal seleccionar el rango de 350 para cada muestra. 16. Aplastar el botón de encendido y esperar el tiempo que se ha dispuesto. Ecuación: C= ? – ? ?? (HACH, 2020) 4.2. Análisis de Oxígeno disuelto (OD) Para realizar el oxígeno disuelto se tomó un equipo de medición de pH o pHmetro. 1. Se le conectaron sensores electroquímicos y se verifico si funcionaban correctamente. 2. Se los procedió a introducir dentro de las muestras, en la cual el resultado ya nos salía en la pantalla del equipo de medición de pH. 3. Se repitió el mismo proceso en todas las muestras. 4.3. Análisis de Saturación (Sat) Para la saturación se utilizó el mismo equipo de medición de pH, y al introducir los sensores electroquímicos en la muestra nos indicaba en la pantalla los resultados de saturación de las muestras. Se lo realizó en todas las muestras. 4.4. Análisis de Potencial Hidrógeno (pH) 1. Para realizar el potencial hidrógeno presente en las muestras primero se calibró con cantidades de 0,4- 0,7 y 10. 2. Se tomó la primera muestra y se introdujo la sonda multiparamétrica en la muestra y se esperó hasta que el resultado se estabilice en la pantalla. 3. Se realizó el mismo proceso con todas las muestras. 4.5. Análisis de Temperatura (°C) 1. Al haberse medido el pH de cada muestra se procedió a introducir un termómetro durante 3 minutos.

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA Trabajo de Integración Curricular 2. Se lo retiró de la muestra y se tomó nota de los resultados obtenidos. 3. Se procedió a hacer el mismo proceso con el resto de muestras. 4..6. Análisis de Sólidos Totales (ST) Procedimiento: 1. Tomar la cantidad de cápsulas para realizar el análisis. 2. Introducir las cápsulas en un horno mufla durante 1 hora. 3. Proceder a retirarlas y dejarlas enfriar. 4. Introducir en el desecador durante 15 minutos. 5. procede a retirarlas y pesarlas en la balanza. 6. Repetir el proceso con cada una de las cápsulas. 7. Tomamos 100 ml de muestra y las introducimos en las cápsulas. 8. Ponerlas en un secador agitador a una temperatura de 103- 105°C hasta evaporarse. 9. Llevar las cápsulas a un horno de secado durante 1 hora a una temperatura de 105°C. 10. Enfriar las cápsulas e introducirlas en el desecador durante 15 minutos. 11. Retirar las muestras del desecador y proceder a pesarlas en la balanza. Con los pesos obtenidos aplicarlos en la ecuación. Total sólidos mg/L = (–) 1000 50 4.7. Análisis de Sólidos Suspendidos Totales (TSS) Procedimiento: 1. Preparar un aparato de filtración y aplicar un papel filtro. 2. Insertar 40 ml de agua destilada y succionar hasta quedar vacío. 3. Retirar el filtro con una pinza y ponerlo sobre un papel aluminio. 4. Introducir en un horno durante 1 hora a 105°C. 5. procede a retirarlas y dejarlas enfriar. 6. Llevarlo al desecador durante 10 minutos. 7. Retirarlo y proceder a pesarlo en la balanza. 8. el proceso con cada filtro. 9. Tomar 40 ml de muestra e insertar en el aparato de filtración. 10. Succionar hasta quedar vacío y quedar solo los sólidos suspendidos. 11. Retirar el filtro con una pinza y ponerlo en el papel aluminio. 12. Llevarlo a un horno a 105°C durante 1 hora.

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA Trabajo de Integración Curricular 13. Dejar enfriar e introducirlo en el desecador durante 10 minutos. 14. Sacarlos con una pinza y pesarlos en la balanza. 15. Repetir el proceso con cada uno de los filtros. 16. Aplicar la siguiente fórmula para la obtención de los resultados. Ecuación: Total sólidos mg/L= (–) 1000 40 4.8. Análisis de Nitrógeno Total (NT) 1. Preparar el destilador de proteína agregando agua destilada. 2. Enrazar un vaso de precipitación de 2000 ml de hidróxido de sodio (NaOH). 3. Pesar 20g de ácido bórico en un vaso de precipitación. 4. Medir 60ml de NaOH al 45,4 % e introducirla en un matraz aforado de 1000ml, mezclarla con agua destilada. 5. Agregar el ácido bórico en el matraz, con una piceta limpiar las paredes del matraz en el que se encuentren residuos de ácido. 6. Tomar un agitador y ponerla en el matraz, llevarlo al agitador hasta mezclar. 7. Tomar 35ml de ácido bórico en un Erlenmeyer y agregar 3 gotas de indicador de tashiru (la mezcla se tornará de color lila). 8. Poner la muestra en contacto con el agua y agregar el ácido bórico, llevarla al destilador de proteína por 10 minutos. 9. Al destilar la muestra, titular con ácido sulfúrico H2SO4 10. Llenar una bureta con H2SO4. 11. Llevar el Erlenmeyer con ácido bórico a un agitador. 12. Introducir el agitador en el Erlenmeyer y mezclar, agregar gotas de H2SO4 hasta que este cambie de color. Repetir el proceso con todas las muestras. Aplicar la fórmula con los resultados obtenidos. %N= 100 (R Baird, 2017)

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA Trabajo de Integración Curricular 5. RESULTADOS Para la obtención de los resultados se recolectaron muestras de agua residual de dos viviendas que se encuentran en el barrio Pindo Grande, las muestras 1. se las recolecto de la casa 1 y casa 2 antes de proceder a instalar el sistema de biofiltro en la casa 1, se las llevó al laboratorio y se realizaron análisis de parámetros como: Solidos Suspendidos totales, Solidos Totales, Nitrógeno Total, Demanda Biológica de Oxigeno y Potencial de Hidrogeno. Después de tres semanas de haber instalado el sistema de biofiltro la casa 1. se volvieron tomar muestras de agua residual, la muestra 2. de la casa 1. se la tomó de la salida de agua del sistema de biofiltro, mientras que la muestra 2. de la casa 2. simplemente se la recolectó de la tubería de desagüe y se aplicaron en el laboratorio los mismos parámetros que se realizaron para las muestras 1. Los resultados que se obtuvieron tanto de las muestras 1 y 2 se compararon respectivamente con la normativa ambiental vigente para los limites de descarga a un cuerpo de agua dulce, la cual se encuentra establecida en la tabla 9 del acuerdo ministerial 097-A y se determinó si las muestras se acogen al cumplimiento del acuerdo. 5.1. Solidos Suspendidos Totales (SST) Los resultados obtenidos de los Solidos Suspendidos Totales en el laboratorio para las muestras 1. De las casas 1 y 2 fueron de 505 mg/L para la casa 1. y de 295 mg/L para la casa 2. respectivamente. Según la normativa ambiental el límite máximo permisible para Figura 1. Resultados de Solidos suspendidos Totales Fuente: Los autores, 2022 0 65 130 195 260 325 390 455 520 Muestra 1 tomada de la casa 1 Muestra 1 tomada de la casa 2 Muestra 2 tomada de la casa 1 Muestra 2 tomada de la casa 2 Limite maximo permisible 505 295 55 247,5 130 mg/L Muestras Sólidos suspendidos totales (SST)

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA Trabajo de Integración Curricular los sólidos suspendidos totales es de 130 mg/L, es decir, ninguna de las dos muestras de agua residual se encontró dentro del cumplimiento de la normativa ambiental. Para la muestra 2 de la casa 1 y 2 los resultados se encontraron en 55 mg/L para la casa 1. y 247,5 mg/L, por lo tanto, se establece que en la casa 1. a la que se instaló el sistema de biofiltro si se encuentra dentro de los estándares permitidos por la normativa ambiental, a diferencia de la casa 2. la cual se estableció con 247,5 mg/L, siendo valores similares a los de su primera muestra. 5.2. Resultados de Solidos Totales (ST) Figura 2. Resultados de Solidos Totales Los resultados de los Solidos Totales para las muestras 1. De las casas 1 y 2 fueron de 1577.5 mg/L para la casa 1. y de 2772 mg/L para la casa 2. La normativa ambiental establece el límite máximo permisible para los sólidos totales en 1600 mg/L. la muestra1 de la casa 1cumplió con la normativa, pero se debe tomar en consideración que se aproximó al límite máximo permitido, mientras que la muestra 1 de la casa 2 dio como resultado que no cumplía con la normativa ambiental. Los valores de la muestra 2 de las casas 1 y 2 se encontraron en 53.65.5 mg/L para la casa 1. y 5955.5 mg/L para la casa 2. La normativa ambiental para este parámetro establece un máximo de 1600 mg/L, por lo cual, se encuentra que en la casa 1. se encuentra dentro de los estándares permitidos por la normativa ambiental. Contrario a eso, los resultados de la casa 2 arrojaron que se encuentran muy por encima de lo que establece la normativa ambiental ecuatoriana para la disposición final a los cuerpos de agua dulce. 0 600 1200 1800 2400 3000 3600 4200 4800 5400 6000 Muestra 1 tomada de la casa 1 Muestra 1 tomada de la casa 2 Muestra 2 tomada de la casa 1 Muestra 2 tomada de la casa 2 Limite maximo permisible 1577,5 2772 365,5 5955,5 1600 mg/L Muestras Solidos Totales (ST) Fuente: Los autores, 2022

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA Trabajo de Integración Curricular 5.3. Nitrógeno Total Kjedahl Las muestras 1 para las casas 1 y 2 establecieron sus valores en 256.193 mg/L y 341.591 mg/L respectivamente, considerando que el límite máximo permisible establecido en la normativa ambiental es 50 mg/L se concluye que ninguna de las aguas residuales cumplió con la normativa, por lo que las casas no deben permitir que sus aguas residuales tengan disposición hacia el rio Pindo. Los resultados de la muestra 2 para las casas 1 y 2 fueron de 48.392 mg/L para la casa 1 y de 199.261 mg/L para la casa 2. Según la Tabla 5 el límite máximo permitido por la normativa para el nitrógeno total de Kjedahl es de 50 mg/L. La muestra 2 de la casa 1 cumple con la normativa, a diferencia de la muestra 2 de la casa 1, la cual es aproximadamente tres veces superior a lo que estipula la normativa ambiental. 5.4. Demanda Bioquímica de Oxigeno Figura 4. Resultados de Demanda Bioquímica de oxigeno Fuente: Los autores, 2022 Figura 3. Resultados de Nitrógeno Total Kjedahl Fuente: Los autores, 2022 0 50 100 150 200 250 300 350 Muestra 1 tomada de la casa 1 Muestra 1 tomada de la casa 2 Muestra 2 tomada de la casa 1 Muestra 2 tomada de la casa 2 Limite maximo permisible 256,193 341,591 48,392 199,261 50 mg/L Muestras Nitrógeno Total Kjedahl 0 30 60 90 120 150 180 Muestra 1 tomada de la casa 1 Muestra 1 tomada de la casa 2 Muestra 2 tomada de la casa 1 Muestra 2 tomada de la casa 2 Limite maximo permisible 40,6 165,3 7,25 174 100 mg/L Muestra Demanda Bioquímica De Oxígeno (5 DÍAS)
UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA Trabajo de Integración Curricular En la Tabla_5 se establece el límite máximo permisible para la demanda bioquímica de oxigeno que deben tener las aguas residuales para poder desembocar en los cuerpos de agua dulce, el valor máximo aceptado es de 100 mg/L. En el caso de la muestra 1 de la casa 1 presentó condiciones que se encuentran permitidas en la normativa. Por otra parte, la muestra 1 de la casa 2 se encuentra por encima de lo establecido por la ley. Las muestras 2 de las casas 1 y 2 resultaron con valores de 7.25 mg/L para la casa 1 y 174 mg/L para la casa 2. El resultado de la muestra 2 de la casa 1 no sobrepasa dicho límite, por lo que cumplió con lo establecido en el marco legal. 5.5. Potencial de hidrogeno En condiciones de pH en los resultados de las muestras 1 de las casas 1 y dos se puede determinar que la muestra 1 de la casa 1 no se encontró bajo los valores permitidos en la normativa puesto que, su resultado fue de 9.17, siendo diferente al rango de pH establecido, el cual se encuentra entre 6 a 9 en la escala de pH. Los resultados obtenidos de las muestras 2 fueron satisfactorios, puesto que los valores se encontraron dentro de los límites permitidos por la ley, siendo estos 6.3 para la casa 1 y 7.39 para la casa 2. CONCLUSIONES Las aguas residuales que se producen en las viviendas pertenecientes al barrio Pindo Grande no cumplen con la normativa ambiental de la Tabla 9 establecida en el Acuerdo Ministerial 097-A. Tres de las cuatro muestras que se sometió a análisis de laboratorio arrojaron valores superiores a los permitidos por los estándares de calidad ambiental, por lo que se concluye que el rio Pindo está siendo contaminado por los volúmenes de agua residual desembocados en el mismo. Las muestras tomadas de la vivienda que contó con la implementación del biofiltro disminuyeron la concentración de contaminación considerablemente a partir de que empezó el funcionamiento de la trampa de grasas de doble cámara y el humedal artificial instalados. La muestra de agua que pasó por el biofiltro presento condiciones aceptadas dentro de la normativa ambiental ecuatoriana, deduciendo que el sistema implementado fue efectivo en la descontaminación de las aguas residuales. 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 Muestra 1 tomada de la casa 1 Muestra 1 tomada de la casa 2 Muestra 2 tomada de la casa 1 Muestra 2 tomada de la casa 2 9,17 8,22 6,3 7,39 pH Muestras Potencial de Hidrogeno (pH) Figura 5. Resultados de Potencial de Hidrogeno Fuente: Los autores, 2022
UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA Trabajo de Integración Curricular La necesidad de abastecer al barrio Pindo Grande con sistemas de biofiltro es importante, puesto que la contaminación de las aguas del rio Pindo conllevan a problemas ambientales afectando a la flora y fauna de sus alrededores. De igual manera, la de la salud humana se ve comprometida puesto que, existen personas que utilizan en su vida cotidiana el agua del rio en sus actividades diarias. I. BIBLIOGRAFÍA Acuerdo Ministerial 097-A. (2015). Obtenido de https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018- 09/Documento_Registro-Oficial-No-387-04-noviembre-2015_0.pdf
Código Orgánico del Ambiente . (2018). Obtenido de https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/09/Codigo-Organico-del-Ambiente.pdf Código Orgánico Integral Penal. (2021). Obtenido de https://www.defensa.gob.ec/wp- content/uploads/downloads/2021/03/COIP_act_feb-2021.pdf
Constitución de la República del Ecuador. (2008). Obtenido de https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/09/Constitucion-de-la-Republica-del- Ecuador.pdf
Delgado, H., & Pérez, W. (S.f). BIOFILTROS DOMICILIARES: Filtros biológicos para la remoción de nutrientes de aguas grises. IDEASS NICARAGUA, 2. Obtenido de https://www.ideassonline.org/innovations/brochureView.php?id=75
Espigares, G. M., & Pérez, L. J. (1985). Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Agua (CIDTA). Obtenido de https://
cidta.usal.es/cursos/edar/modulos/edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/
Agua s_Residuales_composicion.
pdf

Espinosa-Lloréns, M. d., León-Hernández, Y., & Rodríguez-Petit, X. (2013). Problemática de la determinación de especies nitrogenadas (nitrógeno total y amoniacal) en aguas residuales. Revista CENIC. Ciencias Químicas [en linea], 44( ), 1-12. Recuperado el 15 de Julio de 2022, de https://www.redalyc.org/pdf/1816/181629303001.pdf González Pérez, C. E. (2016). Eficacia de un biofiltro a base de la microalga spirulina sp para el tratamiento de las aguas residuales, 2016 [Tesis de ingienería, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/34566 HACH. (2020). BODTrak II™. Edition 3. Ley de Gestión Ambiental . (2012). Obtenido de https://www.ambiente.gob.ec/wp- content/uploads/downloads/2012/09/LEY-DE-GESTION-AMBIENTAL.pdf Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua. (2014). Obtenido de https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-
UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA Trabajo de Integración Curricular
09/Documento_Ley-Org%C3%A1nica-Recursos-h%C3%ADdricos-usos- aprovechamiento-agua.pdf Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2015). Objetivos de Desarrollo Sostenible. Obtenido de https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water- and-sanitation/
Organización Mundial de la Salud (OMS) & el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF). (2021).
Progresos en materia de agua para consumo, saneamiento e higiene en los hogares 2000-2020: cinco años después de la adopción de los ODS.
Obtenido de https://washdata.org/report/jmp-2021-wash- households-es organización Mundial de la Salud (OMS). (2018). Obtenido de https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/272403/9789243549958- spa.pdf?ua=1 R Baird, A. E. (2017). Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater 23nd Edition. Joint Editorial Board. Rodríguez, J. A. (2017). Evaluación De La Eficiencia De Remoción En Los Parámetros De Demanda Biológica De Oxigeno Y Demanda Química De Oxígeno Del Sistema De Tratamiento De Aguas Residuales En La Urbanización La Joya Etapa Platino[Tesis de ingienería, Universidad de Guayaquil]. Repositorio Institucional, Guayaquil- Ecuador. Obtenido de http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/17786
Sosa, D., Vigueras, J., & Holguín, E. (2014).
LA BIOFILTRACIÓN: UNA ALTERNATIVA SUSTENTABLE PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES. VIDSUPRA
Visión Cientifíca, 6. Obtenido de https://www.ciidirdurango.ipn.mx/ assets/files/ciidirdurango/docs/VIDSUPRA/R EVISTAS/VSV6N2.pdf#page=12

Hit and source - focused comparison, Side by Side

Submitted text	As student entered the text in the submitted document.
Matching text	As the text appears in the source.

Uso de biofiltro para reducir la contaminación de las aguas residuales en el barrio Pindo Grande del cantón Pastaza

Arredondo García Stalin Fabián[1]
amb2017311@uea.edu.ec

Rivadeneira Juela Kherly Cristina[1]
amb2017138@uea.edu.ec

Loján Carrión María del Cisne, M. Sc[2]
mlojan@uea.edu.ec

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

Resumen

El uso de biofiltros permite disminuir el daño ambiental producido por la contaminación presente en las aguas residuales. La implementación del mismo se contempla como una alternativa que contrasta la problemática expuesta. En la investigación se planteó como objetivo, implementar un sistema de biofiltro que retenga sólidos pesados y grasas presentes en las aguas, además de, absorber componentes tóxicos, reduciendo así, la contaminación de aguas residuales provenientes del barrio Pindo Grande. Se seleccionó dos viviendas del sector que enviaban de manera directa sus aguas servidas al río, en primera instancia, se recolectaron muestras de agua sin ningún tratamiento previo y se analizaron. Posteriormente, en una de ellas se colocó el sistema de biofiltro, al paso un mes se recogieron nuevas muestras que se examinaron en el laboratorio. Para el análisis se consideraron los parámetros establecidos en la normativa ambiental para las aguas que desembocan en cuerpos de agua dulce como son: Potencial Hidrogeno (pH), Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO5), Sólidos Totales (ST), Nitrógeno Total Kjedahl y solidos suspendidos Totales (SST). Anterior a la implementación del sistema de biofiltro, los resultados obtenidos del laboratorio no cumplieron con los límites máximos permisibles establecidos por la normativa ambiental. En un segundo análisis, en la vivienda donde se instaló el biofiltro se obtuvieron los siguientes datos: (pH) = 6.3, (DBO5) = 7,25 mg/L, Nitrógeno Total = 48.392 mg/L, (SST) = 55 mg/L y (ST) = 53.65.5 mg/L. Evidenciando así que, los valores cumplen con los límites máximos permitidos. Por otra parte, la vivienda donde no se instaló el biofiltro

arrojó resultados desfavorables con respecto a los límites máximos establecidos. En conclusión, la implementación de un sistema de tratamiento de aguas residuales es una alternativa propicia para disminuir la contaminación de las aguas residuales debido a que retiene y absorbe componentes tóxicos que son conducidos hacia el río Pindo.

Palabras clave: *Aguas residuales, Biofiltro, contaminación, Normativa Ambiental Ecuatoriana, Tratamiento*

Abstract

The use of biofilters reduces the environmental damage caused by contamination in wastewater. The implementation of the same is considered as an alternative that contrasts the exposed problematic. The objective of the research was to implement a biofilter system that retains heavy solids and fats present in the water, in addition to absorbing toxic components, thus reducing the contamination of wastewater from the Pindo Grande neighborhood. Two houses in the sector that sent their wastewater directly to the river were selected and water samples were collected without any previous treatment and analyzed. Subsequently, a biofilter system was installed in one of them, and after a month, new samples were collected and examined in the laboratory. For the analysis, the parameters established in the environmental regulations for waters that flow into freshwater bodies were considered, such as: Hydrogen Potential (pH), Biochemical Oxygen Demand (BOD), Total Solids (TS), Total Nitrogen Kjedahl and Total Suspended Solids (TSS). Prior to the implementation of the biofilter system, the results obtained from the laboratory did not comply with the maximum permissible limits established by environmental regulations. In a second analysis, in the house where the biofilter was installed, the following data were obtained: (pH)= 6.3, (BOD)= 7.25 mg/L, Total Nitrogen= 48.392 mg/L, (TSS)= 55 mg/L and (TSS)= 53.65.5 mg/L. This shows that the values comply with the maximum allowable limits. On the other hand, the house where the biofilter was not installed showed unfavorable results with respect to the maximum limits established. In conclusion, the implementation of a wastewater treatment system is a favorable alternative to reduce wastewater contamination because it retains and absorbs toxic components that are conducted to the Pindo River.

Keywords: *Wastewater, Biofilter, contamination, Ecuadorian Environmental Regulations, Treatment.*

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad el impacto ambiental generado sobre las aguas dulces de todo el mundo va en constante aumento, convirtiéndose así en una problemática global. Según la Organización Mundial de la Salud y el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (OMS-UNICEF, 2021) el 55% de la población de América Latina y el Caribe contaba con sistemas de servicios básicos y únicamente el 34% de la población podía acceder a dichos servicios gestionados de manera segura, es decir, alrededor de la mitad de los hogares no contaban con sistemas adecuados para el manejo de los servicios básicos incluyendo al tratamiento de las aguas residuales generadas dentro de los mismos.

El agua residual es resultado de actividades humanas, ya sean industriales o domésticas estas contienen sustancias y microorganismos peligrosos para el ambiente y la salud humana (González Pérez, 2016). Habitualmente, se considera que alrededor del 80% del total de las aguas generadas dentro de los hogares son grises. El mal manejo de las aguas residuales domiciliares en los barrios y comunidades que no cuentan con sistemas de alcantarillado adecuados tienen como efecto la acumulación de las mismas en forma de charcos en las calles, estas atraen patógenos que son causantes de enfermedades que por lo general afectan a los grupos más vulnerables que se encuentran expuestos, por ende, se limitan las condiciones de vida humana (Delgado & Pérez, S.f).

Según el Instituto Ecuatoriano de Estadística y Censo y El Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (INEC-UNICEF, 2018) parte del territorio amazónico aún no posee una cobertura total de servicios básicos como el alcantarillado y agua potable, por tal motivo, la disposición de las aguas residuales producidas en las viviendas muchas veces termina en los cuerpos de agua más cercanos como humedales, esteros o ríos. De esta manera, se considera que, estos sectores disponen de condiciones adecuadas para la implementación un sistema alternativo que pueda tratar aguas residuales, es así como el uso de biofiltros responde a la necesidad de un sistema de tratamiento. Por lo cual, el barrio Pindo Grande del cantón Pastaza se consideró como la zona de estudio de la presente investigación.

Para dar tratamiento a las aguas residuales se requieren procesos que se acoplen a las diferentes condiciones técnicas y socioeconómicas de los diferentes sectores donde se requería su implementación, en especial en las zonas donde los sistemas de drenaje no existen y las aguas residuales desembocan directamente a los cuerpos de agua. Por ende, los biofiltros pretenden ser una alternativa que den solución a las problemáticas ambientales en los sectores sociales, además permiten reutilizar el agua tratada, ahorrando costos y ayudando al medioambiente (Sosa, Vigueras, & Holguín, 2014).

Cabe destacar que, desde el ámbito internacional para el 2030 se han establecido metas para el desarrollo sostenible, entre las cuales se espera que por medio de sistemas de descontaminación adecuados se logre la reducción de contaminantes provenientes de los vertidos que contienen productos químicos y materiales peligrosos, además, se estima una reducción del porcentaje de aguas residuales sin tratamiento previo a su disposición final (Organización de las Naciones Unidas [ONU], 2015).

Finalmente, para poder garantizar la seguridad de consumo del agua es importante el control y la regulación de las actividades que puedan modificar o alterar de manera negativa a la misma, abarcando la normativa de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua, en la misma se establecen los límites máximos permisibles para la descarga a los cuerpos de agua dulce con el objetivo de garantizar el buen estado y proteger los recursos hídricos que se encuentran dentro del territorio ecuatoriano (Acuerdo Ministerial 097-A, 2015).

2. CONTAMINACIÓN DE AGUAS

Su contaminación surge principalmente a partir del desecho de sustancias creadas por el hombre, estas se pueden presentar en forma de sólidos o grasas que al llegar a cuerpos de agua causan la pérdida de las condiciones naturales del medio y que afectan directa e indirectamente a las especies que se encuentran en el mismo. La contaminación humana ha ido en aumento acorde al incremento poblacional a través de los años y sus principales fuentes contaminantes son: Las Industrias, Vertederos Urbanos, Navegación y explotación Petrolera y Agricultura y Ganadería; Los residuos peligrosos de diferentes composiciones químicas descargan un grado de residuos orgánicos e inorgánicos de todo tipo de sustancias, contaminación que se genera a partir de vertidos de pesticidas, fertilizantes, restos de animales y plantas, lubricantes, máquinas, envases plásticos, metálicos, además en las viviendas urbanas o rurales se tiende a realizar contaminación del agua dentro de los hogares con actividades biológicas que causan problemas en redes de drenaje o donde no existe drenaje (OCW Universidad de Cantabria, 2022).

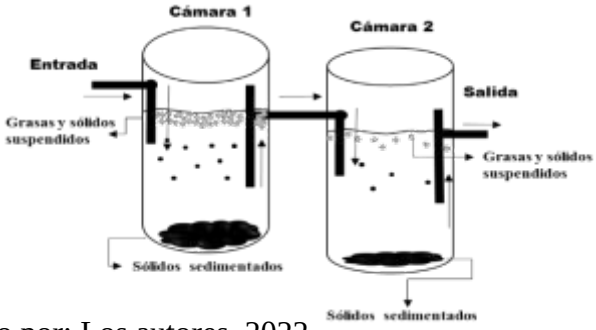
3. DISEÑO Y ELABORACIÓN DEL BIOFILTRO

El sistema de biofiltro se diseñó a partir de la metodología propuesta por Buenfil & Garduño (2022), se consideraron las condiciones del sitio de la investigación para poder acoplar y adecuar el funcionamiento del sistema de biofiltro que se detalla a continuación.

3.1 Trampa de grasa de doble cámara

Figura 1

Trampa de grasa de doble cámara



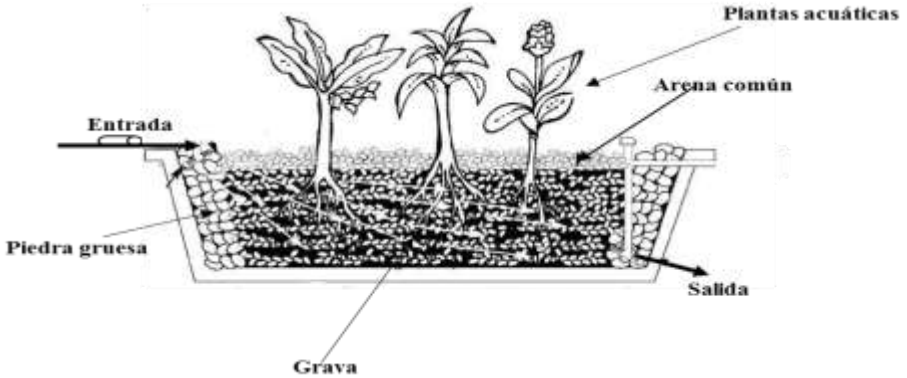
Elaborado por: Los autores, 2022

La trampa de grasas de doble cámara está constituida por dos tanques con capacidad de 50 litros de agua cada uno, el sistema retiene los sólidos y grasas con la acción de la gravedad permite retener la materia orgánica más pesada por sedimentación en la parte inferior de los tanques y en la parte superior pasan a flotar las grasas y los sólidos de menor tamaño que quedan suspendidos. En la figura 1 se muestra el proceso de funcionamiento.

3.2 Humedal artificial

Figura 2

Humedal artificial



Elaborado por: Los autores, 2022

La *Figura 2* muestra al humedal, el mismo tiene las dimensiones de 1.5 metros x 1.5 metros con una profundidad de 50 centímetros recubierto con Geomembrana, su función es filtrar la materia que no se retuvo en el sistema de la trampa de grasas y absorber los contaminantes de las aguas residuales que llegan al humedal, esto ocurre mediante la circulación del agua residual a través de varias capas de grava de diferente tamaño y porosidad, además, el sistema cuenta con plantas acuáticas como la lenteja de agua común (*Lemna minor*), el junco palustre *(Eleocharis palustris)*, el cálamo aromático (*Acorus calamus*), la juncia de agua (*Cyperus difformis)* y el llantén acuático *(Alisma plantago-aquatica)*, las cuales fueron recolectadas de humedales naturales cercanos, estas especies al encontrarse adaptadas al medio permiten la absorción y almacenamiento en su estructura de residuos contaminantes que ingresan al humedal logrando que la contaminación del agua residual disminuya considerablemente antes de tener disposición hacia el río Pindo.

4. METODOLOGÍA

El estudio analítico, descriptivo, aplicado fue realizado en el barrio Pindo Grande, el cual abarca alrededor de unas 15 casas y tiene una extensión aproximada de 300m, perteneciente a la parroquia Tarqui de la ciudad de puyo, el cual no cuenta con un sistema de alcantarillado, por lo que las aguas residuales de los diferentes hogares que existen en este barrio tienen como disposición final el río Pindo lo cual ha generado varios problemas ambientales.

Como una alternativa a este problema, se ha realizado un estudio a pequeña escala, instalando un biofiltro y un humedal artificial con plantas acuáticas depuradoras de aguas en una casa de este sector, además se tomó muestras del agua residual antes y después de pasar por la trampa de grasas, biofiltro, humedal y llevándolas al laboratorio para realizar los respectivos análisis y así identificar qué tipo de contaminantes se encuentran en las mismas, así demostraremos si los resultados que se han conseguido después de haberse realizado este proceso han sido favorables.

4.1 Ubicación

Figura 3

Mapa de la ubicación del estudio



Elaborado por: Los autores, 2022

El área de estudio fue realizada en uno de los domicilios en la calle de las Bungabillas, barrio Pindo Grande, ubicado a pocos metros del río Pindo es uno de los barrios perteneciente a la parroquia Tarqui de la ciudad de Puyo, tiene una altitud de 918 msnm; el sector tiene una extensión aproximada de 300 metros y allí viven alrededor de 15 familias las cuales no cuentan con alcantarillado público y disponen las aguas residuales domiciliarias directamente al río Pindo.

4.2 Materiales utilizados para la trampa de grasas y el humedal artificial

En la *Tabla 1* se muestra los materiales para la construcción del biofiltro.

Tabla 1. Materiales utilizados para la implementación del biofiltro

Cantidad	Descripción de los materiales	Cantidad	Descripción de los materiales
2	tanques plásticos de 50 L	**3**	Adaptadores de 1 pulgada
2	Codos	**1**	Reductor de 2 x 1 pulgada
2	Neplos de 15 cm x 1 pulgada	**1**	Tubo de 50 x 3 m
2	Neplos de 4 cm x 1 pulgada	**1**	Manguera de 1pulg
3	Adaptadores	**1**	Teflón
2	TEE de 1 pulgada	**4**	Abrazaderas
1	Geomembrana 2.5m x2.5m	**1**	Pegatubo

Elaborado por: Los autores, 2022

Los materiales considerados en la *Tabla 1* se utilizaron para una vivienda a la que se le instaló el sistema de biofiltro para descontaminar las aguas residuales que la misma disponía hacia el río Pindo.

4.3 Criterios de selección de las casas

Se seleccionaron dos viviendas (casa 1 y casa 2) para la determinación del sitio de estudio de la presente investigación y se tomaron en cuenta ciertos criterios que permitieron obtener de manera más precisa los resultados referentes a la eficiencia del funcionamiento del sistema de biofiltro, se consideró lo siguiente: las casas de estudio debían encontrarse cerca del río Pindo, las aguas residuales de ambas viviendas debían ser dispuestas directamente al río, el número máximo de habitantes de cada vivienda no fue mayor a 5, además, la vivienda en la que se instaló el sistema de biofiltro debía tener espacio suficiente para poder realizar dicha actividad.

4.4 Selección de las muestras

La toma de muestras 1 se realizó directamente desde la salida del efluente de las casas 1 y 2, se recolectó un litro de cada muestra en envases ámbar previamente esterilizados y de inmediato se llevó al laboratorio para ser analizadas.

Para la toma de la muestra 2 de la casa 1 se procedió a colocar el envase ámbar esterilizado en la salida del afluente del sistema de biofiltro, se recolectó un litro de muestra y se llevó para ser analizada. En cambio, la muestra 2 de la casa 2 se tomó de la misma manera que la toma de la muestra 1de la casa 2 y se llevó al laboratorio puesto que, los resultados del análisis de la misma son para contrastar a la muestra 2 de la casa 1 la cual es el foco de la investigación.

4.5 Parámetros de Estudio

Los análisis correspondientes se realizaron en el laboratorio de Ingeniería Ambiental de la Universidad Estatal Amazónica, se incluyeron diferentes tipos de análisis para las muestras tomadas, dichos parámetros de estudio se pueden identificar en el *cuadro 1* que se detalla a continuación.

Cuadro 1. Análisis de Laboratorio realizados

ANALISIS DE LABORATORIO	
Abreviatura	**Significado**
DBO5	Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)
pH	Potencial Hidrógeno
ST	Sólidos Totales
TSS	Sólidos Suspendidos Totales
NT	Nitrógeno Total

Elaborado por los autores,2022

5. RESULTADOS

Los resultados que se obtuvieron tanto de las muestras 1 y 2 se compararon respectivamente con la normativa ambiental vigente para los límites de descarga a un cuerpo de agua dulce que se encuentran establecidos en el Acuerdo ministerial 097-A y se determinó si las muestras se acogen al cumplimiento del acuerdo.

Tabla 2

Límites de a un cuerpo de agua dulce descarga

TABLA 9 DEL ACUERDO MINISTERIAL 097-A SOBRE LOS 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 ECC	mg/l	0,1
Cloruros	Cl	mg/l	1000
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100 ml	2000
Color real	Color real	unidades de color	Inapreciable en dilución: 1/20
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,2
Cromo hexavalente	Cr+6	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO5	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	200
Estaño	Sn	mg/l	5,0

Fluoruros	F	mg/l	5,0
Fósforo 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		Ausencia
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		6-9
Selenio	Se	mg/l	0,1
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	130
Sólidos totales	ST	mg/l	1600
Sulfatos	SO4	mg/l	1000
Sulfuros	S2	mg/l	0,5
Temperatura	°C		Condición natural ± 3
Tensoactivos	Sustancias Activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0
La apreciación del color se estima sobre 10 cm de muestra diluida			

Fuente: (Acuerdo Ministerial 097-A, 2015)

5.1. Sólidos Suspendidos Totales (SST)

Ecuación para el cálculo de resultados

$$\textbf{\textit{Total de Sólidos Suspendidos mg/L}} = \frac{(A-B)*1000}{cantidad\ de\ solución}$$

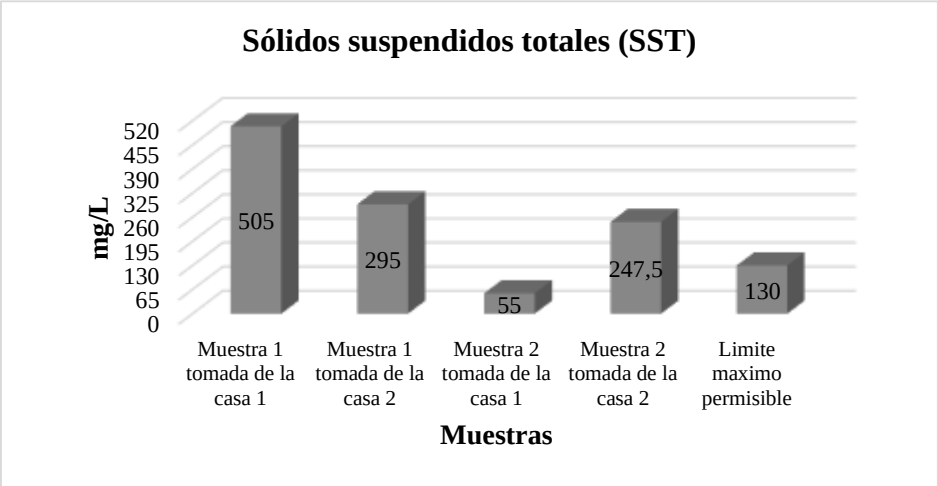
A= Peso en miligramos (mg) del filtro seco utilizado para filtrar 40 ml de agua residual

B= Peso en miligramos (mg) del filtro seco utilizado para filtrar 40 ml de agua destilada

Cantidad de solución en mililitros (ml)

Figura 4

Análisis de Sólidos suspendidos Totales



Elaborado por: Los autores, 2022

En el análisis realizado del parámetro de Sólidos Suspendidos Totales los resultados de laboratorio que se muestran en la *Figura 3*, las muestras 1 De las casas 1 y 2 establecieron los valores de 505 mg/L para la casa 1 y de 295 mg/L para la casa 2 respectivamente. Según la normativa ambiental el límite máximo permisible para los sólidos suspendidos totales es de 130 mg/L, es decir, ninguna de las dos muestras de agua residual se encontró dentro del cumplimiento de la normativa ambiental. Mientras que, para las muestras 2 de la casa 1 y 2 los resultados se encontraron en 55 mg/L para la casa 1 y 247,5 mg/L en la casa 2, por lo tanto, se establece que en la casa 1 a la que se instaló el sistema de biofiltro si se encuentra dentro de los estándares permitidos por la normativa ambiental, a diferencia de la casa 2 la cual se estableció con 247,5 mg/L, siendo valores similares a los de su primera muestra.

5.2. Resultados de Sólidos Totales (ST)

Ecuación para el cálculo de resultados

$$\textit{Total de Sólidos (ST)mg/L} = \frac{(A-B)*1000}{Volumen\ de\ la\ muestra}$$

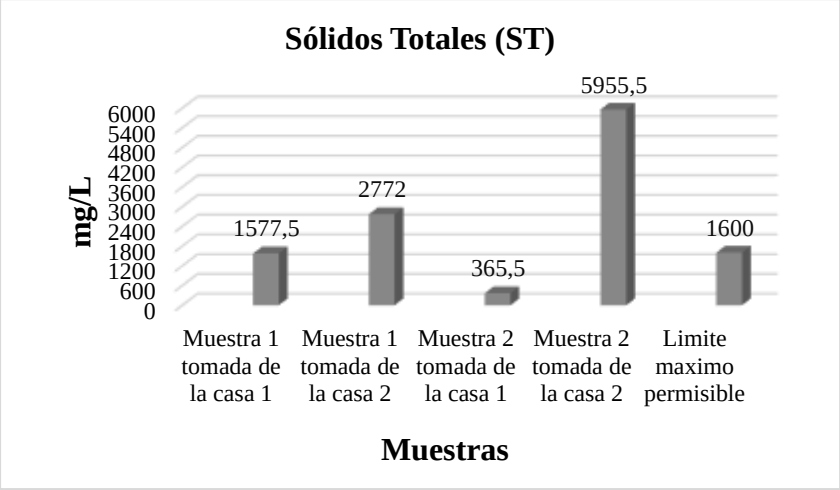
A= Peso en miligramos (mg) del residuo seco + el peso del plato

B= Peso en miligramos (mg) del plato

Volumen de solución de la muestra (ml)

Figura 5

Resultados de Sólidos Totales



Elaborado por: Los autores, 2022

Para el análisis de los Sólidos Totales los resultados de laboratorio reflejados en la *Figura 4*, indicaron que, los valores de las muestras 1 De las casas 1 y 2 fueron de 1577,5 mg/L para la casa 1 y de 2772 mg/L para la casa 2. La normativa ambiental establece el límite máximo permisible para los sólidos totales en 1600 mg/L la muestra 1 de la casa 1 se acogió a la normativa, pero se debe tomar en consideración que se aproximó al límite máximo permitido, mientras que la muestra 1 de la casa 2 determinó que no cumplía con la normativa ambiental. Los resultados obtenidos de las muestras 2 de las casas 1 y 2 se encontraron en 5365.5 mg/L para la casa 1 y 5955,5 mg/L para la casa 2. El máximo permitido para dicho parámetro es de 1600 mg/L, por lo cual, se encuentra que en la casa 1 se encuentra dentro de los estándares permitidos por la normativa ambiental. Contrario a eso, los resultados de la casa 2 arrojaron que se encuentran muy por encima de lo que establece la normativa ambiental ecuatoriana para la disposición final a los cuerpos de agua dulce.

5.3. Nitrógeno Total Kjedahl

Ecuación para el cálculo de resultados

$$\textbf{\textit{Nitrógeno Total}} = \frac{ml * N * Mcq}{Volumen\ de\ la\ muestra} * 100 = g/100\ ml * 10 * 1000 = mg/L$$

ml = cantidad de reactivo gastado para la titulación en mililitros.

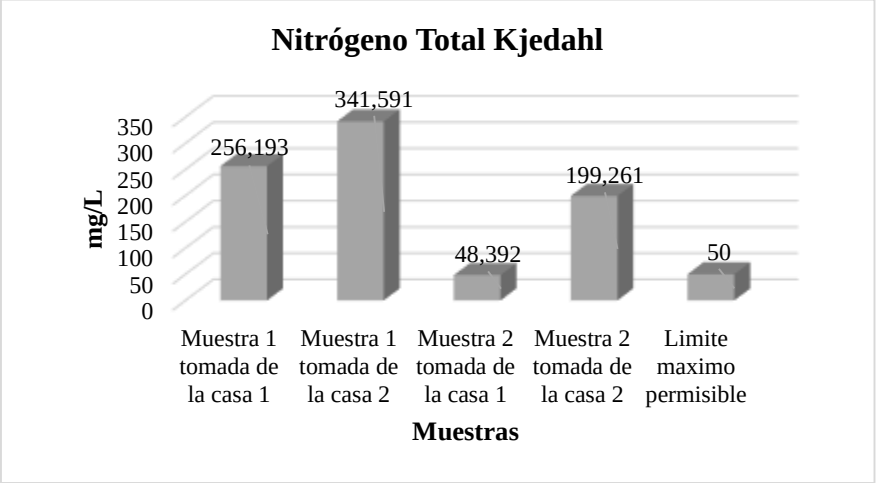
N = Normalidad del ácido sulfúrico = 0,20332775 (Valor para todas las muestras)

Mcq= Peso atómico del nitrógeno / 1000 = 0.014 (constante)

Volumen de la muestra = 5ml (valor para todas las muestras)

Figura 6

Resultados de Nitrógeno Total Kjendahl



Elaborado por: Los autores, 2022

En los resultados obtenidos de Nitrógeno Total Kjendahl en el laboratorio que están representados en la *Figura 5*, los valores obtenidos de las muestras 1 para las casas 1 y 2 fueron de 256,193 mg/L y 341,91 mg/L respectivamente, considerando que el límite máximo permisible establecido en la normativa ambiental es 50 mg/L se concluye que ninguna de las aguas residuales cumplió con la normativa, por lo que las casas no deben permitir que sus aguas residuales tengan disposición hacia el río Pindo. Los resultados de las muestras 2 para las casas 1 y 2 fueron de 48,392 mg/L para la casa 1 y de 199,261 mg/L para la casa 2. Según la *Tabla 2* el límite máximo permitido por la normativa para el nitrógeno total de Kjedahl es de 50 mg/L. La muestra 2 de la casa 1 cumple con la normativa, a diferencia de la muestra 2 de la casa 1, la cual es aproximadamente tres veces superior a lo que estipula la normativa ambiental.

5.4. Demanda Bioquímica de Oxigeno (5 días)

Ecuación para el cálculo de resultados

DBO (mg/L) **=** [(A x 1.45) -B (Sa /Sb)]

A = Valor de DBO5 en mg/ L

B = Consumo de oxígeno por la semilla (20.3) constante.

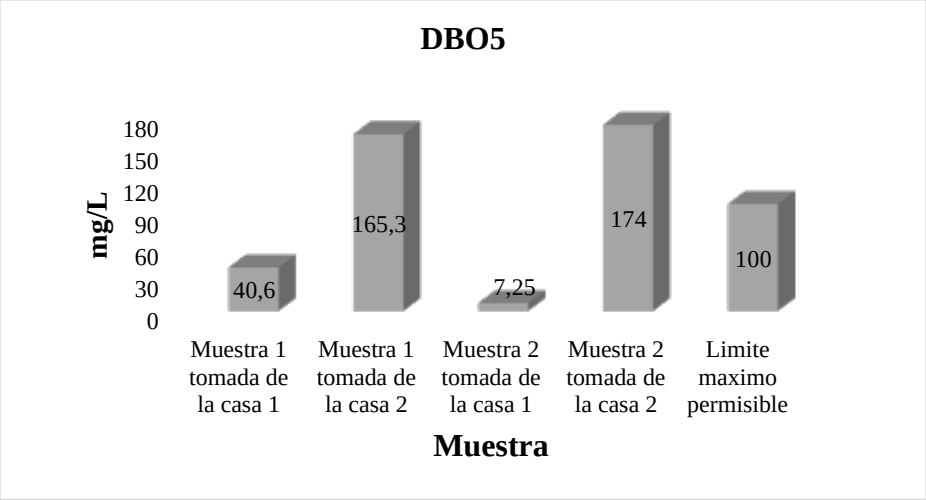
Sa = 20 ml de solución de semilla

Sb = 20 ml de solución de semilla

Factor de disolución = 1.45

Figura 7

Demanda Bioquímica De Oxígeno (5 días)



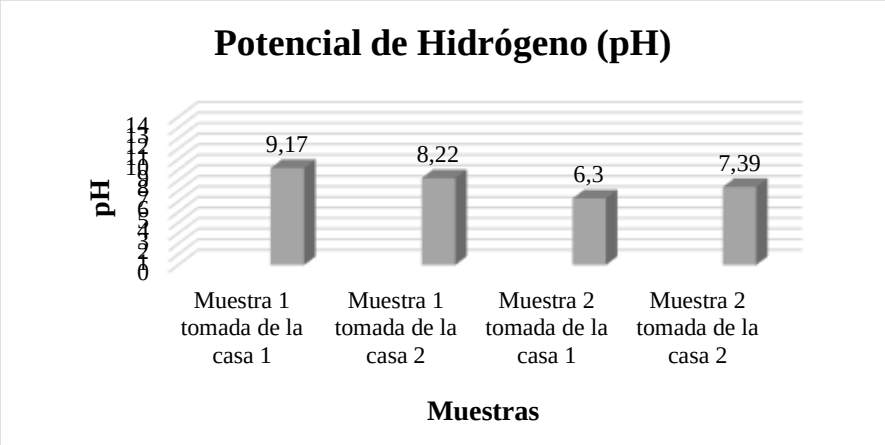
Elaborado por: Los autores, 2022

En la *Tabla 2* se encuentran los valores máximos permisibles para la demanda bioquímica de oxígeno que deben tener las aguas residuales para poder desembocar en los cuerpos de agua dulce, el valor máximo aceptado es de 100 mg/L. La *Figura 6* muestra los resultados obtenidos en el laboratorio del análisis de la Demanda Bioquímica de Oxígeno, en el caso de la muestra 1 de la casa 1 se presentaron condiciones que se encuentran permitidas en la normativa, puesto que, el valor obtenido del análisis fue de 40,6 mg/L. Por otra parte, la muestra 1 de la casa 2 se encuentra por encima de lo establecido por la ley. Las muestras 2 de las casas 1 y 2 resultaron con valores de 7,25 mg/L para la casa 1 y 174 mg/L para la casa 2. Los valores de la muestra 2 de la casa 1 no sobrepasa dicho límite, por lo que cumplió con lo establecido en el marco legal.

5.5. Potencial de hidrógeno

Figura 8

Resultados del Potencial de Hidrógeno



Elaborado por: Los autores, 2022

La *Figura 7* muestra los resultados de pH obtenidos de los análisis de laboratorio, el resultado de la muestra 1 de la casa 1 fue de 9,17 sobrepasando el límite máximo permitido puesto que, el límite permitido se encuentra de 6 a 9 en la escala de pH, la muestra 1 de la casa 2 se mantuvo dentro del límite permitido con un valor de 8,22. En un segundo análisis, los resultados de las muestras 2 para las casas 1 y 2 se encontraron dentro de los límites máximos permitidos ya que, los valores fueron de 6,3 para la casa 1 y 7,39 para la casa 2 respectivamente.

6. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos del análisis de los parámetros de Potencial de Hidrógeno, Sólidos Totales, Sólidos Suspendidos Totales, Nitrógeno Total Kjendahl y Demanda Bioquímica de Oxígeno correspondientes a las muestras de agua tomadas de las casas 1 y 2 anterior a la implementación del sistema de biofiltro demostraron que, las aguas residuales que se disponían directamente al río no cumplieron con los límites máximos permitidos en la normativa legal ecuatoriana.

Los resultados que se obtuvieron en el análisis de la muestra tomada posterior a la implementación del sistema de biofiltro en la casa 1 correspondiente a los parámetros de pH, Sólidos Totales, Sólidos Suspendidos Totales, Nitrógeno Total Kjendahl y Demanda

Bioquímica de Oxígeno demostraron que se encontraron dentro de los límites permitidos dentro de la norma legal correspondiente.

Los resultados del análisis de laboratorio de la muestra de agua de la casa 2 luego de implementar el sistema de biofiltro en la casa 1 continuaron siendo negativas en los parámetros de Sólidos Totales, Sólidos Suspendidos Totales, Nitrógeno Total Kjendahl y Demanda Bioquímica de Oxígeno, es decir, nuevamente no cumplieron con los límites máximos permisibles establecidos en la normativa ambiental del Ecuador.

Los resultados obtenidos en la presente investigación respecto a la contaminación presente en las aguas residuales concordaron con los resultados de Reyes (2016) puesto que, se demostró que las aguas residuales tomadas de la fuente de salida contaron con grandes cantidades de contaminantes y que contaminaban considerablemente a los cuerpos de agua dulce a los que las aguas sin tratar se disponían finalmente.

De igual manera, los valores obtenidos respecto al funcionamiento del Biofiltro en la presente investigación coinciden con los resultados obtenidos por Reyes (2016) quien en su investigación encontró que los sistemas de biofiltro tiene la capacidad de retener grandes cantidades de contaminantes haciendo posible que, las aguas residuales cumplan con los límites máximos permisibles para la descarga de las mismas en cuerpos de agua dulce.

7. CONCLUSIONES

Mediante los resultados obtenidos de los análisis de laboratorio realizados a las muestras de agua residuales previo a la instalación del biofiltro se determinó que, las mismas presentan altos niveles de contaminación, la normativa ambiental determina que no son aptas para ser vertidas directamente al río Pindo, por lo que, la implementación de un sistema de biofiltro es una técnica adecuada para disminuir la contaminación que se encuentra presente en dichas aguas.

El análisis de laboratorio de la muestra de agua residual tomada a la salida del sistema de biofiltro determinó que, el proceso de descontaminación al cual se sometió fue positivo debido a que, los resultados obtenidos demuestran que tras la utilización del biofiltro las aguas residuales disminuyeron la contaminación al punto de cumplir con los límites

máximos permisibles para desembocar en los cuerpos de agua dulce establecidos por la autoridad ambiental nacional.

Finalmente, se concluye que, el uso del sistema de biofiltro es una alternativa altamente eficaz que puede suplir la falta de un sistema de alcantarillado con el que el barrio Pindo Grande todavía no cuenta y así disminuir la contaminación que las aguas residuales de las viviendas conducen al río Pindo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acuerdo Ministerial 097-A. (2015). Obtenido de https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-09/Documento_Registro-Oficial-No-387-04-noviembre-2015_0.pdf

Buenfil, J., & Garduño, F. (2022). Biofiltro: La Jardinera que Filtra las Aguas Grises para Reciclarlas. *Instrumentos Educativos para el Saneamiento Ecológico*. Obtenido de https://ecotec.unam.mx/wp-content/uploads/Gu--a-Explicativa-del-Biofiltro.pdf

Código Orgánico del Ambiente . (2018). Obtenido de https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/09/Codigo-Organico-del-Ambiente.pdf

Código Orgánico Integral Penal. (2021). Obtenido de https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/03/COIP_act_feb-2021.pdf

Constitución de la República del Ecuador. (2008). Obtenido de https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/09/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador.pdf

Delgado, H., & Pérez, W. (S.f). BIOFILTROS DOMICILIARES: Filtros biológicos para la remoción de nutrientes de aguas grises. *IDEASS NICARAGUA*, 2. Obtenido de https://www.ideassonline.org/innovations/brochureView.php?id=75

Espigares, G. M., & Pérez, L. J. (1985). *Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Agua (CIDTA)*. Obtenido de https://cidta.usal.es/cursos/edar/modulos/edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/Aguas_Residuales_composicion.pdf

Espinosa-Lloréns, M. d., León-Hernández, Y., & Rodríguez-Petit, X. (2013). Problemática de la determinación de especies nitrogenadas (nitrógeno total y amoniacal) en aguas residuales. *Revista CENIC. Ciencias Químicas [en linea]*, 44( ), 1-12. Recuperado el 15 de Julio de 2022, de https://www.redalyc.org/pdf/1816/181629303001.pdf

González Pérez, C. E. (2016). *Eficacia de un biofiltro a base de la microalga spirulina sp para el tratamiento de las aguas residuales, 2016 [Tesis de ingienería, Universidad César Vallejo]*. Repositorio Institucional. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/34566

HACH. (2020). *BODTrak II™*. Edition 3.

INEC, & UNICEF. (2018). *Agua, saneamiento e higiene: medición de los ODS en Ecuador*. Obtenido de https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Bibliotecas/Libros/AGUA,_SANEAMIENTO_e_HIGIENE.pdf

Ley de Gestión Ambiental . (2012). Obtenido de https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/LEY-DE-GESTION-AMBIENTAL.pdf

Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua. (2014). Obtenido de https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-09/Documento_Ley-Org%C3%A1nica-Recursos-h%C3%ADdricos-usos-aprovechamiento-agua.pdf

MONTOYA, J. A. (2017). *¨EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE REMOCIÓN EN LOS PARÁMETROS DE DEMANDA BIOLÓGICA DE OXIGENO Y DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS EN LA URBANIZACIÓN LA JOYA ETAPA PLATINO, UBICADA EN EL CANTÓN DAULE,.* Guayaquil- Ecuador. Obtenido de file:///C:/Users/kheic/Downloads/MONTOYA_JOSEPH_TRABAJO_TITULACION_GENERALES_INGENIERIA_MARZO_2017.pdf

OCW Universidad de Cantabria. (2022). *Contaminación del agua.* Obtenido de https://ocw.unican.es/pluginfile.php/965/course/section/1090/Contaminacion%2520del%2520agua.pdf

Organización de las Naciones Unidas [ONU]. (2015). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Obtenido de https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/

Organización Mundial de la Salud (OMS) & El Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF). (2021). *Progresos en materia de agua para consumo, saneamiento e higiene en los hogares 2000-2020: cinco años después de la adopción de los ODS.* Obtenido de https://washdata.org/report/jmp-2021-wash-households-es

organización Mundial de la Salud (OMS). (2018). Obtenido de https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/272403/9789243549958-spa.pdf?ua=1

R Baird, A. E. (2017). *Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater 23nd Edition.* Joint Editorial Board.

Reyes, J. V. (2016). Determinación de la eficiencia del aserrín y la fibra de coco utilizados como empaques para la remoción de contaminantes en Biofiltros para el tratamiento de aguas residuales. *SciELO Analytics*. Obtenido de http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1390-65422016000300041&lng=es&nrm=i#:~:text=El%20an%C3%A1lisis%20e%20interpretaci%C3%B3n%20de,Descarga%20de%20Efluentes%3A%20Recurso%20Agua.

Rodríguez, J. A. (2017). *Evaluación De La Eficiencia De Remoción En Los Parámetros De Demanda Biológica De Oxigeno Y Demanda Química De Oxígeno Del Sistema De Tratamiento De Aguas Residuales En La Urbanización La Joya Etapa Platino[Tesis de ingienería, Universidad de Guayaquil]*. Repositorio Institucional, Guayaquil- Ecuador. Obtenido de http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/17786

Sosa, D., Vigueras, J., & Holguín, E. (2014). LA BIOFILTRACIÓN: UNA ALTERNATIVA SUSTENTABLE PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES. *VIDSUPRA Visión Cientifíca, 6*. Obtenido de https://www.ciidirdurango.ipn.mx/assets/files/ciidirdurango/docs/VIDSUPRA/REVISTAS/VSV6N2.pdf#page=12

8. ANEXOS

8.1 MARCO TEÓRICO

Desde la aparición de las primeras civilizaciones, ha surgido la necesidad de deshacerse de todos los desechos que se producen como resultado de las actividades humanas y animales. A partir de esta problemática, la humanidad ha venido analizando posibles alternativas que puedan ayudar a solucionar los diversos problemas que surgen a partir de la generación de desechos líquidos procedentes de los hogares, industrias y actividades agrícolas, debido a esto los cuerpos en los que se depositan las aguas residuales han sido incapaces de absorber y neutralizar la carga contaminante de los residuos, de tal forma que han perdido rápidamente las características físicas y químicas del medio, además de la capacidad de poder albergar vida acuática, rompiendo el equilibrio ecológico de su ecosistema y como consecuencia carecen de la capacidad de poder brindar servicios ecosistémicos de manera adecuada (Espigares & Pérez, 1985).

8.1.1 Seguridad Del Agua De Consumo Humano

La OMS (2018) menciona que, para que se pueda garantizar la seguridad del consumo de agua se debe comprender objetivos claros destinados a proteger la salud humana que sean enmarcados por autoridades referentes del ámbito de la salud con sistemas adecuados y gestionados de manera correcta para que se pueda dar monitoreo planificación y gestión de manera eficaz.

8.1.2 Viabilidad de la implementación del biofiltro

Delgado & Pérez (S.f) sostienen que, la viabilidad que presentan los biofiltros frente a las aguas residuales es amplia, puesto que su funcionamiento se produce a partir de procesos naturales que han demostrado ser considerados como una tecnología conveniente para el tratamiento de las aguas por su eficiencia de remoción de materia orgánica presente en las aguas residuales de hasta de un 95%, haciendo que el agua tratada sea reutilizada para el riego, utilizada para recargar acuíferos o dándole disposición final hacia los cuerpos de agua.

8.1.3 Funcionamiento del biofiltro

Un filtro primero recibe las aguas residuales que son expulsadas de los hogares, la misma que se deposita en grandes estanques que funcionan como trampas de grasa, enviando todo residuo sólido al fondo y separando las grasas las cuales salen a flote

debido a que las grasas, aceites y el agua no se mezclan. Luego pasan a diferentes estanques realizando el mismo proceso y así reduciendo la cantidad de contaminación. A continuación, las aguas son depositadas en un humedal artificial el cual contiene materiales que funcionarán como filtrantes, además aquí se encontraran plantas acuáticas las mismas que absorberán la contaminación restante y ayudarán con la depuración de estas aguas, para así poder reutilizarlas en actividades como el riego o simplemente que lleguen a tener una disposición final hacia un cuerpo de agua, pero esto ya bajo los límites de descarga permisibles (Buenfil & Garduño, 2022).

8.1.4 Parámetros

Sólidos totales

Es la cantidad de materia que queda presente luego de someter a la muestra a temperaturas entre los 103 y 105° C y ser evaporada, los sólidos pueden ser residuos de barro, materia orgánica e inorgánica que se presenta suspendida y sedimentada en las aguas residuales (Rodríguez, 2017).

pH

El Potencial de Hidrógeno (pH) es el parámetro que indica la acidez o basicidad de una solución, se determina a partir del número de iones de hidrógeno que se encuentran libres en la sustancia. Se mide en una escala del 1 a 14 considerando a 7 la neutralidad, si se encuentra por debajo de 7 se considera ácida y si está por encima de 7 se considera básica (Rodríguez, 2017).

Oxígeno Disuelto

Es el volumen de oxígeno contenido en agua y determina la presencia de organismos en condiciones aerobias o anaerobias. Proviene del aire disuelto en el agua del proceso de fotosíntesis que realizan las plantas en el agua. La cantidad depende de la temperatura del agua, salinidad y presión. La solubilidad del gas aumenta con la disminución de la temperatura, siendo el agua fría la que contiene más oxígeno (Rodríguez, 2017).

DBO5

Es un parámetro que permite medir el oxígeno que se pierde mediante la eliminación de la materia orgánica del agua a través de la degradación biológica aerobia. La cantidad de la DBO5 está condicionada por el origen de las aguas. En acuíferos subterráneos, las

aguas suelen presentar menor demanda de gasto de oxígeno. A nivel superficial el origen de las aguas determina la demanda de oxígeno (Rodríguez, 2017).

Nitrógeno Total

El método tradicional de determinación de nitrógeno total es el método Kjeldahl, el método surge en 1983 al ser inventado por Johan Kjeldahl. Es un método que permite la determinación del nitrógeno, el cual indica el contenido de nitrógeno orgánico más nitrógeno amoniacal de una muestra. El modelo de obtención de nitrógeno mediante la metodología del modelo de Kjeldahl es uno de las más utilizadas y sigue en vigencia hasta la actualidad debido a que presenta una gran versatilidad al momento de analizar el parámetro del nitrógeno puesto que, se puede utilizar para poder determinar la cantidad de nitrógeno presente dentro de muestras con gran cantidad de biodiversidad. La universalidad, veracidad y precisión que caracteriza al método ha logrado que sea un método reconocido a nivel internacional para la determinación del nitrógeno total y el contenido proteico de los alimentos (Espinosa-Lloréns, León-Hernández, & Rodríguez-Petit, 2013).

8.2 MARCO LEGAL

- La Constitución de la república del Ecuador (2008) menciona en el **numeral 5** del **art. 3** de la constitución de la República del Ecuador sobre los **Deberes primordiales del Estado** se menciona que, el mismo debe planificar el desarrollo nacional, erradicar la pobreza, promover el desarrollo sustentable y la redistribución equitativa de los recursos y la riqueza, para acceder al buen vivir. De igual manera, el **numeral 7** del **art. 3** de la constitución de la República del Ecuador sobre los **Deberes primordiales del Estado** menciona que, es un deber primordial del Estado el proteger el patrimonio natural del país. Así mismo, en la **Sección Segunda** de la Constitución de la República sobre **un Ambiente sano,** el **art. 14** menciona que 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. Además, 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.

- En el Código Orgánico Integral Penal (COIP, 2021) el **art. 251** sobre **los Delitos contra el agua** establece que, cualquier persona que contravenga a la normativa vigente, contamine, deseque o produzca alteraciones a los cuerpos de agua, sean estos, vertientes, caudales ecológicos, fuentes, aguas naturales o subterráneas de las cuencas hidrográficas provocando daños graves, será castigada con la privación de libertad de entre tres a cinco años.

- El Código Orgánico del Ambiente (COA , 2018) el numeral **10** del **art. 27** sobre las **Facultades de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Metropolitanos y Municipales en materia ambiental** menciona que, es una competencia exclusiva de ellos el controlar el cumplimiento de los parámetros ambientales y la aplicación de normas técnicas de los componentes agua, suelo, aire y ruido. De igual forma, el **art. 196** sobre el **Tratamiento de aguas residuales urbanas y rurales** menciona que, Los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales deberán contar con la infraestructura técnica para la instalación de sistemas de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales urbanas y rurales, de conformidad con la ley y la normativa técnica expedida para el efecto. De la misma forma, deberán fomentar el tratamiento de aguas residuales con fines de reutilización, siempre y cuando estas recuperen los niveles cualitativos y cuantitativos que exija la autoridad competente y no se afecte la salubridad pública. Cuando las aguas residuales no puedan llevarse al sistema de alcantarillado, su tratamiento deberá hacerse de modo que no perjudique las fuentes receptoras, los suelos o la vida silvestre.

- Ley de Gestión Ambiental (2012) En el **capítulo V** sobre **los Instrumentos de aplicación de normas ambientales**, el **art. 33** menciona que los parámetros de calidad ambiental, normas de efluentes y emisiones, régimen de permisos y licencias administrativas, listados de productos contaminantes y nocivos para la salud de la población humana y el medio amiente, normas de calidad de productos, certificados de calidad ambiental para productos y servicios, además de otros que cumplan su regulación correspondiente son considerados como instrumentos de aplicación a las normas ambientales.

- En la Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Uso y Aprovechamiento del Agua (LORHUyA, 2014) el **art. 79** sobre los **Objetivos de prevención y conservación** menciona que, La Autoridad Única del Agua, la Autoridad Ambiental Nacional y los Gobiernos Autónomos Descentralizados, trabajarán en coordinación para cumplir los siguientes objetivos:

  a) Garantizar el derecho humano al agua para el buen vivir o sumak kawsay, los derechos reconocidos a la naturaleza y la preservación de todas las formas de vida, en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado y libre de contaminación.

  b) Preservar la cantidad del agua y mejorar su calidad.

  c) Controlar y prevenir la acumulación en suelo y subsuelo de sustancias tóxicas, desechos, vertidos y otros elementos capaces de contaminar las aguas superficiales o subterráneas.

  d) Controlar las actividades que puedan causar la degradación del agua y de los ecosistemas acuáticos y terrestres con ella relacionados y cuando estén degradados disponer su restauración.

  e) Prohibir, prevenir, controlar y sancionar la contaminación de las aguas mediante vertidos o depósito de desechos sólidos, líquidos y gaseosos; compuestos orgánicos, inorgánicos o cualquier otra sustancia tóxica que alteren la calidad del agua o afecten la salud humana, la fauna, flora y el equilibrio de la vida.

  f) f) Garantizar la conservación integral y cuidado de las fuentes de agua delimitadas y el equilibrio del ciclo hidrológico; y,

  g) g) Evitar la degradación de los ecosistemas relacionados al ciclo hidrológico.

- El Acuerdo ministerial 097-A (AM 097-A, 2015) se rige bajo el dictamen de la Ley de Gestión Ambiental y a su reglamento correspondiente para poder prevenir y dar control a la contaminación ambiental, además, se somete a las disposiciones de éstos, se considera de aplicación obligatoria y se rige dentro de todo el territorio nacional. Así mismo, la **tabla Nueve** del **AM 097-A** sobre los límites de descarga a un cuerpo de agua dulce establece los parámetros contaminantes y sus respectivos límites máximos permisibles expresados en sus correspondientes

unidades de medición. De la misma forma, el punto **5.2.4.9** menciona que las aguas residuales que no cumplan con los parámetros de descarga establecidos en dicha Norma, deberán ser tratadas adecuadamente, sea cual fuere su origen: público o privado. Además, los sistemas de tratamiento deben contar con un plan de contingencias frente a cualquier situación que afecte su eficiencia.

8.3 PROCEDIMIENTO PARA EL DESARROLLO EXPERIMENTAL

8.3.1 Análisis de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)

1. Mantener la muestra a una temperatura de 19 a 21°C
2. Licuar la muestra e introducirla en un cilindro graduado.
3. Agregar un sobre amortiguador de nutrientes en el cilindro.
4. Con una pipeta agregar la semilla, llenarlo con una piceta de agua destilada hasta los 50 ml.
5. Llevar la muestra e introducirla en una botella BODtrak II.

Se repitió el proceso con todas las muestras a realizarse.

6. Colocar un agitador en la botella BODtrak II
7. Agregar una copa sellada en el cuello de la botella, con una pinza agregar dos pastillas de hidróxido, realizarlo en cada botella.
8. Llevar las botellas al equipo BODtrak II que se encuentra dentro de la incubadora a una temperatura de 20°C.
9. Conectar los tubos a cada una de las muestras y cerrar la tapa.
10. Enchufar el equipo y encenderlo, verificar que todos los agitadores se encuentren girando correctamente. Si no es así levantarlo y bajarlo hasta que funcione correctamente.
11. Para la configuración presionar las flechas que indican derecha e izquierda y así acceder al menú.
12. Presiona el número de canal en el que se encuentre la muestra y configurarla para el día 5 que se esperan los resultados.
13. Presionar el botón de apagado para guardas la configuración realizada.
14. En cada canal seleccionar el rango de 350 para cada muestra.
15. Aplastar el botón de encendido y esperar el tiempo que se ha dispuesto.

<u>Ecuación para determinar la demanda bioquímica de Oxígeno</u>

$$\textbf{DBO5}= \left[A - B\left(\frac{s}{s}\right)\right]$$

(HACH, 2020)

8.3.2 Análisis de Potencial Hidrógeno (pH)

1. Para realizar el potencial hidrógeno presente en las muestras primero se calibró el equipo con cantidades de 0,4- 0,7 y 10.
2. Se tomó la primera muestra y se introdujo la sonda multiparamétrica en la muestra y se esperó hasta que el resultado se estabilice en la pantalla.

Se realizó el mismo proceso con todas las muestras.

8.3.3 Análisis de Sólidos Totales (ST)

Procedimiento:

1. Tomar la cantidad de cápsulas para realizar el análisis.
2. Introducir las cápsulas en un horno mufla durante 1 hora.
3. Proceder a retirarlas y dejarlas enfriar.
4. Introducir en el desecador durante 15 minutos.
5. Se procede a retirar y pesar las muestras en la balanza.
   Repetir el proceso con cada una de las cápsulas.
6. Tomamos 100 ml de muestra y las introducimos en las cápsulas.
7. Ponerlas en un secador agitador a una temperatura de 103- 105°C hasta evaporarse.
8. Llevar las cápsulas a un horno de secado durante 1 hora a una temperatura de 105°C.
9. Enfriar las cápsulas e introducirlas en el desecador durante 15 minutos.
10. Retirar las muestras del desecador y proceder a pesarlas en la balanza.

Con los pesos obtenidos aplicarlos en la ecuación.

Ecuación para determinar los sólidos suspendidos totales

$$\textbf{Total sólidos mg/L} = \frac{(A-B)x1000}{50}$$

8.3.4 Análisis de Sólidos Suspendidos Totales (TSS)

Procedimiento:

1. Preparar un aparato de filtración y aplicar un papel filtro.
2. Insertar 40 ml de agua destilada y succionar hasta quedar vacío.
3. Retirar el filtro con una pinza y ponerlo sobre un papel aluminio.

4. Introducir en un horno durante 1 hora a 105°C.
5. Proceder a retirarlas y dejarlas enfriar.
6. Llevarlo al desecador durante 10 minutos.
7. Retirarlo y proceder a pesarlo en la balanza.
8. Tomar 40 ml de muestra e insertar en el aparato de filtración.
9. Succionar hasta quedar vacío y quedar solo los sólidos suspendidos.
10. Retirar el filtro con una pinza y ponerlo en el papel aluminio.
11. Llevarlo a un horno a 105°C durante 1 hora.
12. Dejar enfriar e introducirlo en el desecador durante 10 minutos.
13. Sacarlos con una pinza y pesarlos en la balanza.

Ecuación para determinar los sólidos totales.

$$\textbf{Total sólidos mg/L} = \frac{(A-B)x1000}{40}$$

8.3.5 Análisis de Nitrógeno Total (NT)

1. Preparar el destilador de proteína agregando agua destilada.
2. Llenar un vaso de precipitación de 2000 ml de hidróxido de sodio (NaOH).
3. Pesar 20g de ácido bórico en un vaso de precipitación.
4. Medir 60ml de NaOH al 45,4 % e introducirla en un matraz aforado de 1000ml, mezclarla con agua destilada.
5. Agregar el ácido bórico en el matraz, con una piceta limpiar las paredes del matraz en el que se encuentren residuos de ácido.
6. Tomar un agitador y ponerla en el matraz, llevarlo al agitador hasta mezclar.
7. Tomar 35ml de ácido bórico en un Erlenmeyer y agregar 3 gotas de indicador de tashiru (la mezcla se tornará de color lila).
8. Poner la muestra en contacto con el agua y agregar el ácido bórico, llevarla al destilador de proteína por 10 minutos.
9. Al destilar la muestra, titular con ácido sulfúrico H2SO4
10. Llenar una bureta con H2SO4.
11. Llevar el Erlenmeyer con ácido bórico a un agitador.
12. Introducir el agitador en el Erlenmeyer y mezclar, agregar gotas de H2SO4 hasta que este cambie de color.

Repetir el proceso con todas las muestras.

Ecuación para determinar el porcentaje de nitrógeno presente en el agua

$$\%N = \frac{ml\ x\ Norm\ x\ Mcq\ x\ 100}{Vmuestra}$$

(R Baird, 2017)

8.4 CÁLCULO DE RESULTADOS

Sólidos Suspendidos Totales (SST)

Total de Sólidos Suspendidos mg/L = $\frac{(A-B)*1000}{cantidad\ de\ solución}$

A= Peso en miligramos (mg) del filtro seco utilizado para filtrar 40 ml de agua residual

B= Peso en miligramos (mg) del filtro seco utilizado para filtrar 40 ml de agua destilada

Cantidad de solución en mililitros (ml)

- **Muestra 1. tomada de la casa 1 sin filtro**

Peso del filtro seco utilizado para filtrar 40 ml de agua destilada = 113,8

Peso del filtro seco utilizado para filtrar 40 ml de agua residual de la muestra 1 = 134

SST mg/L = $\frac{(134mg-113{,}8mg)*1000}{40\ ml}$ = 505 mg/L

- **Muestra 1 tomada de la casa 2 sin filtro**

Peso del filtro seco utilizado para filtrar 40 ml de agua destilada = 92 mg

Peso del filtro seco utilizado para filtrar 40 ml de agua residual de la muestra 2 = 102,8 mg

SST mg/L = $\frac{(102.8mg-92mg)*1000}{40\ ml}$ = 295 mg/L

- **Muestra 2 tomada de la casa 1 con filtro**

Peso del filtro seco utilizado para filtrar 40 ml de agua destilada = 93 mg

Peso del filtro seco utilizado para filtrar 40 ml de agua residual de la muestra 2 = 95,2 mg

SST mg/L = $\frac{(95.2mg-93mg)*1000}{40\ ml}$ = 55 mg/L

- **Muestra 2 tomada de la casa 2 sin filtro**

Peso del filtro seco utilizado para filtrar 40 ml de agua destilada = 92.2 mg

Peso del filtro seco utilizado para filtrar 40 ml de agua residual de la muestra 2 = 102.1 mg

SST mg/L = $\frac{(102.1mg-92.2mg)*1000}{40\ ml}$ = 247,5 mg/L

Sólidos Totales (ST)

Total de Sólidos (ST)mg/L = $\frac{(A-B)*1000}{Volumen\ de\ la\ muestra}$

A= Peso en miligramos (mg) del residuo seco + el peso del plato

B= Peso en miligramos (mg) del plato

Volumen de solución de la muestra (ml)

- **Muestra 1. tomada de la casa 1 sin filtro**

Peso del plato = 56112,7 mg

Peso del residuo seco de la muestra 1. + el peso del plato = 56273,9 mg

ST mg/L = $\frac{(56273{,}9mg-56112{,}7mg)*1000}{100\ ml}$ = 1612 mg/L

- Réplica de la Muestra 1. tomada de la casa 1 sin filtro

Peso del plato = 58299,6 mg

Peso del residuo seco de la muestra 1. + el peso del plato = 58453,9 mg

ST mg/L = $\frac{(58453{,}9mg-58299{,}6mg)*1000}{100\ ml}$ = 1543 mg/L

Sólidos Totales = sólidos totales de la Muestra 1. tomada de la casa 1 sin filtro + réplica de la Muestra 1. tomada de la casa 1 sin filtro

ST= 1612 mg/L + 1543 mg/L / 2 = 1577.5 mg/L

- **Muestra 1 tomada de la casa 2 sin filtro**

Peso del plato = 58878,8 mg

Peso del residuo seco de la muestra 1. + el peso del plato = 59228,9 mg

ST mg/L = $\frac{(59228{,}9mg-58878{,}8mg)*1000}{100\ ml}$ = 3501 mg/L

- Réplica de la Muestra 1 tomada de la casa 2 sin filtro

Peso del plato = 58159,2 mg

Peso del residuo seco de la muestra 1. + el peso del plato mg

ST mg/L = $\frac{(58363{,}5mg-58159{,}2mg)*1000}{100\ ml}$ = 2043 mg/L

Sólidos Totales = sólidos totales de la Muestra 1. tomada de la casa 2 sin filtro + réplica de la Muestra 1. tomada de la casa 2 sin filtro

ST= 3501 mg/L + 2043 mg/L / 2 = 2772 mg/L

- **Muestra 2 tomada de la casa 1 con filtro**

Peso del plato = 58663,5 mg.

Peso del residuo seco de la muestra 1. + el peso del plato = 58695,2 mg.

ST mg/L = $\frac{(58695{,}2mg - 58663{,}5mg)*1000}{100\ ml}$ = 317 mg/L

- Réplica de la Muestra 2 tomada de la casa 1 con filtro

Peso del plato = 57952,3 mg

Peso del residuo seco de la muestra 1. + el peso del plato = 57993,7 mg

ST mg/L = $\frac{(57993{,}7 - 57952{,}3mg)*1000}{100\ ml}$ = 414 mg/L

Sólidos Totales = solidos totales de la Muestra 1. tomada de la casa 1 con filtro + réplica de la Muestra 2. tomada de la casa 1 con filtro

ST= 317mg/L + 414 mg/L / 2 = 365,5 mg/L

- **Muestra 2 tomada de la casa 2 sin filtro**

Peso del plato = 60043,2 mg

Peso del residuo seco de la muestra 1. + el peso del plato = 60190,3 mg

SST mg/L = $\frac{(60190{,}3mg - 60043{,}2mg)*1000}{100\ ml}$ = 1471 mg/L

- Réplica de la Muestra 2 tomada de la casa 2 sin filtro

Peso del plato = 59176,3 mg

Peso del residuo seco de la muestra 1. + el peso del plato = 60220,3 mg

ST mg/L = $\frac{(60220{,}3mg - 59176{,}3mg)*1000}{100\ ml}$ = 10440 mg/L

Sólidos Totales = sólidos totales de la Muestra 2 tomada de la casa 2 sin filtro + réplica de la Muestra 2. tomada de la casa 2 sin filtro

ST= 1471mg/L + 10440 mg/L /2 = 5955,5 mg/L

Nitrógeno Total Kjedahl

Nitrógeno Total = $\frac{ml*N*Mcq}{Volumen\ de\ la\ muestra}$*100 = g/100 ml *10 * 1000 = mg/L

ml = cantidad de reactivo gastado para la titulación en mililitros.

N = Normalidad del ácido sulfúrico = 0,20332775 (Valor para todas las muestras)

Mcq= Peso atómico del nitrógeno / 1000 = 0.014 (constante)

Volumen de la muestra = 5ml (valor para todas las muestras)

- **Muestra 1. tomada de la casa 1 sin filtro**

Cantidad de reactivo = 0.3 ml

N g/100 ml = $\frac{(0.3ml*0.20332775*0.014)*100}{5\ ml}$ = 0.01707953g/100 ml

- Réplica de la Muestra 1. tomada de la casa 1 sin filtro

Cantidad de reactivo = 0.6 ml

N g/100 ml = $\frac{(0.6ml*0.20332775*0.014)*100}{5\ ml}$ = 0,034159062 g/100 ml

Nitrógeno total = Ntotal de la Muestra 1. tomada de la casa 1 sin filtro + Ntotal de su réplica / 2

NT = (0.01707953g/100 ml + 0,034159062 g/100 ml) /2 = 0,025619297 g/100ml *10 * 1000 = **256,193 mg/L**

- **Muestra 1 tomada de la casa 2 sin filtro**

Cantidad de reactivo = 0.3 ml

N g/100 ml = $\frac{(0.3ml*0.20332775*0.014)*100}{5\ ml}$ = 0,017079531 g/100 ml

- Réplica de la Muestra 1. tomada de la casa 2 sin filtro

Cantidad de reactivo = 0.9 ml

%N g/100 ml = $\frac{(0.9ml*0.20332775*0.014)*100}{5\ ml}$ = 0,051238593 g/100 ml

Nitrógeno total = Ntotal de la Muestra 1. tomada de la casa 2 sin filtro + Ntotal de su réplica / 2

NT= (0,017079531 g/100 ml + 0,051238593 g/100 ml) /2 = 0,034159062 g/100 ml *10 * 1000 = **341,591 mg/L**

- **Muestra 2 tomada de la casa 1 con filtro**

Cantidad de reactivo = 0.07 ml

N g/100 ml = $\frac{(0.07ml*0.20332775*0.014)*100}{5\ ml}$ = 0,003985224 g/100 ml

- Réplica de la Muestra 2. tomada de la casa 1 con filtro

Cantidad de reactivo = 0.1 ml

N g/100 ml = $\frac{(0.1ml*0.20332775*0.014)*100}{5\ ml}$ = 0,005693177 g/100 ml

Nitrógeno total = Ntotal de la Muestra 2. tomada de la casa 1 con filtro + Ntotal de su réplica / 2

NT = (0,003985224 g/100 ml + 0,005693177 g/100 ml) / 2 = 0,0048392 g/100 ml *10 *1000 = **48,392 mg/L**

- **Muestra 2 tomada de la casa 2 sin filtro**

Cantidad de reactivo = 0.4 ml

N g/100 ml = $\frac{(0.4ml*0.20332775*0.014)*100}{5\ ml}$ = 0,022772708 g/100 ml

- Réplica de la Muestra 2. tomada de la casa 2 sin filtro

Cantidad de reactivo = 0.3 ml

N g/100 ml = $\frac{(0.3ml*0.20332775*0.014)*100}{5\ ml}$ = 0,017079531 g/100 ml

Nitrógeno total = Ntotal de la Muestra 2. tomada de la casa 2 sin filtro + Ntotal de su réplica / 2

NT= (0,022772708 g/100 ml + 0,017079531 g/100 ml) / 2 = 0,01992612 g/ 100 ml * 10* 1000 = **199,261 mg/L**

Demanda Bioquímica De Oxígeno (5 días)

C= [(A x 1.45) -B (Sa /Sb)]

A = Valor de DBO5 en mg/ L

B = Consumo de oxígeno por la semilla (20.3) constante.

Sa = 20 ml

Sb = 20 ml

Factor de disolución = 1.45

- **Muestra 1 tomada de la casa 1 sin biofiltro**

DBO5 = 42 mg/L

C = [(94 x 1.45) – 20.3 x $\frac{20\ ml}{20\ ml}$] = **40.6 mg/L**

- **Muestra 1 tomada de la casa 2 sin biofiltro**

DBO5 = 128 mg/L

C = [(128 x 1.45) – 20.3 x $\frac{20\ ml}{20\ ml}$] = **165.3 mg/L**

- **Muestra 2 tomada de la casa 1 con biofiltro**

DBO5 = 19 mg/L

C = [(1994 x 1.45) – 20.3 x $\frac{20\ ml}{20\ ml}$] = **7.25 mg/L**

- **Muestra 2 tomada de la casa 2 sin biofiltro**

DBO5 = 134 mg/L

C = [(134x 1.45) – 20.3 x $\frac{20\ ml}{20\ ml}$] = **174 mg/L**

8.5 EVIDENCIA FOTOGRÁFICA

8.5.1 Muestras llevadas al laboratorio

Figura 9

Muestras 1 llevadas al laboratorio



Elaborado por: Los autores, 2022

Figura 10

Muestras 2 llevadas al laboratorio



Elaborado por: Los autores, 2022

8.5.2 Equipos utilizados y procedimientos realizados

Figura 11

Agitador-Calentador



Elaborado por: Los autores, 2022

Figura 12

Balanza analítica



Elaborado por: Los autores, 2022

Figura 13

Dilatador de proteínas



Elaborado por: Los autores, 2022

Figura 14

Estufa



Elaborado por: Los autores, 2022

Figura 15

Incubadora Digital



Elaborado por: Los autores, 2022

Figura 16

Preparación de semilla de solución



Elaborado por: Los autores, 2022

Figura 17

Licuado de muestra



Elaborado por: Los autores, 2022

Figura 18

Filtrado de muestra



Elaborado por: Los autores, 2022

Figura 19

Medición de pH



Elaborado por: Los autores, 2022

Figura 20

Titulación de la muestra



Elaborado por: Los autores, 2022

8.5.3 Implementación del sistema de biofiltro

Figura 21

Preparación del terreno



Elaborado por: Los autores, 2022

Figura 22

Instalación de la trampa de grasa



Elaborado por: Los autores, 2022

Figura 23

Recolección de especies



Elaborado por: Los autores, 2022

Figura 24

Funcionamiento del humedal



Elaborado por: Los autores, 2022