



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES
DOMESTICAS DE UN CENTRO COMERCIAL DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero Ambiental

Autor: Nery Alejandro Cano Moreira

Tutor: Ing. Virgilio Alonso Ordoñez Ramírez PhD

Guayaquil – Ecuador

2024

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Yo, Nery Alejandro Cano Moreira con documento de identidad No. 0930357199,
manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la
Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total
o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 18 de marzo del año 2024.

Atentamente,



Nery Alejandro Cano Moreira
0930357199

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, Nery Alejandro Cano Moreira, con documento de identificación 0930357199, expreso mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de grado experimental titulado: DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS DE UN CENTRO COMERCIAL DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniería Ambiental, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 18 de marzo del año 2024.

Atentamente,



Nery Alejandro Cano Moreira
C.I. 0930357199

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Virgilio Alonso Ordoñez Ramírez con documento de identificación No. 0909780850 docente de la Universidad Politécnica Salesiana declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación “DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS DE UN CENTRO COMERCIAL DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL”, realizado por Nery Alejandro Cano Moreira con documento de identificación 0930357199, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Trabajos Experimentales que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 18 de marzo del año 2024.

Atentamente



Ing. Virgilio Alonso Ordoñez Ramírez PhD
C.I. 0909780850

DEDICATORIA

Dedicado a Dios que me ha brindado salud y sabiduría en cada momento, paso y decisión en mi vida. Además, de manera especial a mi señora madre, mi padre y mi hermana que me han acompañado en este camino y han hecho de mí, alguien mejor.

AGRADECIMIENTO

Le doy gracias a Dios por permitirme cosechar un nuevo logro y éxito que forma parte de mi vida profesional, el cual valoro significativamente.

A mi madre, por siempre estar en todo momento, por siempre brindarme un consejo y por nunca soltarme.

A mi padre, por apoyarme en este largo camino y por siempre brindarme sus palabras de motivación que me ayudaron a seguir en momentos complicados.

A mi hermana, quien me enseñó el significado de la fortaleza, quien me ha apoyado en todo momento y por quien estoy aquí.

A mis maestros, quienes siempre me brindaron sus extraordinarios conocimientos, pero, sobre todo, sus excelentes valores, consejos y nobleza.

Gracias a cada persona que Dios y la vida puso en mi camino, gracias a quienes conocí en esta hermosa etapa y a las amistades que me llevaré por siempre.

Con mucha gratitud,

Nery Alejandro Cano Moreira.

RESUMEN

La investigación tiene por objeto el diseñar un sistema de tratamiento de las aguas residuales domésticas de un centro comercial en la ciudad de Guayaquil. El procedimiento realizado consistió en la caracterización inicial del sistema de tratamiento existente, siendo que el centro comercial posee cuatro tipos de actividades generadoras de efluentes: las de restaurante, las de tiendas comerciales, las de servicios higiénicos y mantenimiento y las del área de parqueo, constituyendo su sistema de tratamiento actual en sistemas subsecuentes de trampa de grasas; al analizar el efluente generado y el cumplimiento de la normativa vigente se verifico que los efluentes únicamente cumplen con los centro de descarga de Potencial de Hidrógeno, Temperatura y Sólidos Totales; posteriormente se procedió a la realización de la prueba de jarras aplicando una corrección de pH con 20 ml de solución de cal de concentración al 1% y diferentes dosis de Sulfato de aluminio al 1% (2 ml, 3 ml, 4 ml, 5 ml, 6 ml, 7 ml, 6.5 ml y 7.5 ml), aplicando el Índice Wilcomb, dando como resultado que la dosis que obtuvo el mejor resultado fue 7 ml. Se realizó la comprobación de hipótesis con la aplicación de la T de Student dando como resultado que la mejor dosis, luego de pasar por un proceso de filtración, además de cumplir con los límites permisibles de descarga, tiene diferencias significativas en la eficiencia del tratamiento en comparación con el testigo y la muestra sin filtrar. Considerando que el centro comercial general un caudal mínimo de 41 m³/día y un valor máximo de 65 m³/día, con un valor promedio de 52.98 m³/día y 1609.00 m³/mes se propone un sistema de aprovechamiento que permitirá descargar el efluente cumpliendo con la normativa vigente y permitiendo aprovechar el agua tratada como agua de riego de áreas verdes.

Palabras claves: Caracterización de aguas residuales, Prueba de jarras, Límites permisibles.

ABSTRACT

The objective of the research is the design of a domestic wastewater treatment system from a shopping center in the city of Guayaquil. The procedure carried out consisted of the initial characterization of the existing treatment system, since the shopping center has four types of effluent-generating activities: restaurants, commercial stores, hygienic services and maintenance, and parking areas. constituting your current treatment system into subsequent grease trap systems; When analyzing the effluent generated and the regulatory compliance with the current one, it is verified that the effluents only comply with the discharge centers of Hydrogen Potential, Temperature and Total Solids; Subsequently, the jar test was carried out by applying a pH correction with 20 ml of lime solution with a 1% concentration and different doses of 1% aluminum sulfate (2 ml, 3 ml, 4 ml, 5 ml, 6 ml, 7 ml, 6.5 ml and 7.5 ml), applying the Wilcomb Index, resulting in the dose that obtained the best result was 7 ml. The hypothesis testing was carried out with the application of Student's T, resulting in the best dose, after going through a filtration process, in addition to complying with the permissible discharge limits, has significant differences in the efficiency of the treatment in comparison with the control and the unfiltered sample. Considering that the shopping center generates a minimum flow of 41 m³/day and a maximum value of 65 m³/day, with an average value of 52.98 m³/day and 1609.00 m³/month, a utilization system is proposed that will allow the effluent to be discharged in compliance with with current regulations and allowing the treated water to be used as irrigation water for green areas.

KEYS WORDS: Wastewater characterization, Jug test, Permissible limits.

ÍNDICE DE CONTENIDO

<i>CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN</i>	<i>II</i>
<i>CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</i>	<i>III</i>
<i>CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN</i>	<i>IV</i>
<i>DEDICATORIA</i>	<i>V</i>
<i>AGRADECIMIENTO</i>	<i>V</i>
<i>RESUMEN</i>	<i>VI</i>
Palabras claves: Caracterización de aguas residuales, Prueba de jarras, Límites permisibles.	<i>VI</i>
<i>ABSTRACT</i>	<i>VII</i>
KEYS WORDS: Wastewater characterization, Jug test, Permissible limits.	<i>VII</i>
<i>ÍNDICE DE CONTENIDO</i>	<i>VIII</i>
TABLAS	<i>XII</i>
ILUSTRACIONES	<i>XIII</i>
<i>1 INTRODUCCIÓN</i>	<i>1</i>
1.1 Problema	<i>1</i>
1.2 Justificación	<i>2</i>
1.3 Delimitación	<i>3</i>
1.4 Pregunta de investigación	<i>3</i>
1.5 Objetivos	<i>4</i>

1.5.1	Objetivo General	4
1.5.2	Objetivos Específicos	4
1.6	Hipótesis	4
1.6.1	Hipótesis General	4
1.6.2	Hipótesis Específicas	5
2	<i>FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA</i>	6
2.1	Base legal	6
2.1.1	Código Orgánico de Ambiente	7
2.1.2	Reglamento al Código Orgánico de Ambiente	8
2.1.3	Acuerdo Ministerial 097A	8
2.1.4	Anexo 1. Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes del recurso agua.	8
2.2	Base Referencial	9
2.2.1	Centros comerciales	9
2.2.2	Aguas residuales	10
2.2.3	Sistemas de tratamiento	11
2.2.4	Pruebas de tratabilidad	13
2.2.5	Pruebas de jarras	13
2.2.6	Características del agua a analizar	13
2.3	Definiciones	16
3	<i>MATERIALES Y MÉTODOS</i>	20
3.1	Diseño del trabajo experimental	20
3.2	Población y muestra	20
3.3	Variables	21
3.3.1	Variable independiente	21
3.3.2	Variable dependiente	21
3.4	Recogida de datos	21

3.5	Protocolos	21
3.6	Fase 1. Caracterización de aguas residuales	22
3.6.1	Actividad 1. Diagnóstico de aguas residuales del centro comercial	22
3.6.2	Actividad 2. Análisis del cumplimiento de los límites permisibles	22
3.7	Fase 2. Pruebas de tratabilidad	22
3.7.1	Actividad 3. Realizar la prueba de jarras	22
3.7.2	Actividad 4. Analizar los resultados	23
3.7.3	Comprobación de hipótesis	24
3.8	Fase 3. Determinar el costo del proyecto	24
3.8.1	Actividad 5. Análisis del costo del tratamiento	24
3.8.2	Actividad 6. Planteamiento de un plan de buenas prácticas	24
4	<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	26
4.1	Caracterización de aguas residuales	26
4.1.1	Diagnóstico de aguas residuales del centro comercial	26
4.1.2	Resultados de los Análisis de la calidad del agua cruda	27
4.2	Pruebas de tratabilidad	28
4.2.1	Resultados de las Pruebas de Jarras	28
4.3	Propuesta de aprovechamiento	33
4.3.1	Descripción	33
4.4	Presupuesto de la propuesta	35
4.5	Comprobación de Hipótesis	36
5	<i>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</i>	38
5.1	Conclusiones	38
5.2	Recomendaciones	38
6	<i>Bibliografía</i>	40

<i>Anexos</i>	44
6.1 Medición de Oxígeno Disuelto	44
6.2 Calibración de equipo de pH	44
6.3 Medición de pH.	45
6.4 Resultado de medición de pH.	45
6.5 Medición de color	46
6.6 Ejecución del test de jarras	46
6.7 Comparación de Test de Jarras y mejor muestra filtrada.	47
6.8 Comparación Test de jarras	47
6.9 Floculación de muestra	48
6.10 Trampa de grasas comedores	48
6.11 Comprobación de la hipótesis	49
6.12 Homogenizador	49
6.13 Clarificador	50
6.14 Filtros de arena y grava	50
6.15 Deshidratador de lodos	51
6.16 Cisterna de almacenamiento de efluentes	51
6.17 Límites de descarga al sistema de alcantarillado público	52

TABLAS

Tabla 3.1. Parámetros a evaluar	20
Tabla 3.2. Valoración del Índice Wilcomb	23
Tabla 4.1. Resultados de la medición de Caudal al mes	27
Tabla 4.2. Análisis de cumplimiento normativo inicial	28
Tabla 4.3. Análisis del pH con diferentes dosis de solución de cal de concentración al 1%	29
Tabla 4.4. Resultados de prueba de jarras	30
Tabla 4.5. Análisis de cumplimiento normativo final	30
Tabla 4.6. Porcentajes de remoción de contaminantes.....	31
Tabla 4.7. Proeba T de Student de la eficiencia de los tratamientos	32
Tabla 4.8. Cumplimiento de criterios de calidad de agua de riego	32
Tabla 4.9. Presupuesto de montaje y operación del sistema propuesto	36

ILUSTRACIONES

Ilustración 4.1. Análisis de cumplimiento normativo inicial	28
Ilustración 4.2. Análisis de cumplimiento normativo final.....	31
Ilustración 4.3. Sistema de tratamiento propuesto	33

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Problema

La obtención de agua de fuentes naturales y la reducción de su calidad debido a fuentes específicas y difusas, junto con la carencia de infraestructura y sistemas de saneamiento en las poblaciones, resultan en la contaminación del suministro de agua (UNEPGEC, 2004). Para disminuir la contaminación del agua y así reducir los impactos ambientales, es fundamental realizar el tratamiento de los efluentes. Esto implica la opción de tratar los efluentes en el sitio donde se generan o en instalaciones fuera de la ubicación original de las aguas residuales (Matsumoto & Sánchez Ortiz, 2016).

En Ecuador, a lo largo de varios años, el enfoque en la gestión del agua ha estado dirigido hacia acciones destinadas a mejorar el suministro de agua, dejando de lado la atención hacia su calidad. Este desafío se ve agravado por la limitada disponibilidad de recursos financieros para preservar las fuentes originales de agua y la ausencia de una estrategia efectiva en su gestión (Terneus & Yáñez, 2018).

Los centros comerciales tienen una responsabilidad hacia el medio ambiente y la comunidad. El tratamiento adecuado de las aguas residuales demuestra un compromiso con la sostenibilidad y la preservación del entorno natural: Un mantenimiento deficiente de las plantas de tratamiento puede resultar en la liberación de contaminantes al medio ambiente, lo cual podría afectar la calidad del agua y la salud pública de las comunidades cercanas.

En la actualidad, para el tratamiento de las aguas residuales dependiendo del nivel de tratamiento requerido y de las características del agua residual, existen diferentes opciones para utilizar. Generalmente, las (PTAR), utilizan procesos químicos, físicos, y bioquímicos, con el objetivo de tratar y eliminar diferentes tipos de contaminantes, siendo estas diseñadas

asumiendo condiciones de estado estables que rara vez se mantienen (Cavallini, 2011), haciendo que su objetivo de garantizar el cumplimiento de las normas de vertimiento, proteger la salud de las personas previniendo la transmisión de enfermedades, proteger el medio ambiente y garantizar el aprovechamiento de las aguas residuales (reutilización) (Carreño & Méndez, 2011), sea cumplido con mayor dificultad.

El rendimiento, la confiabilidad y consistencia de las PTAR depende de muchos factores tales como: la composición del afluente, el diseño empleado y mantenimiento, siendo este último necesario para asegurar su correcto funcionamiento (Charles, Ashbolt, Roser, McGuinness, & Deere, 2005), pues en el diseño pocas veces se considera las fluctuaciones en las cargas de entrada, las condiciones ambientales y las variaciones operacionales (Carreño & Méndez, 2011).

Por tanto, es necesario asegurar el funcionamiento de las PTAR, determinando la forma de proceder en caso de variaciones como en la operación diaria, de manera que se asegure el cumplimiento de los criterios de calidad de descarga de efluentes.

1.2 Justificación

A pesar de las dificultades para obtener agua con una calidad aceptable, este recurso es esencial en todos los procesos vitales, sociales y económicos que forman parte de un ciclo cerrado. Este ciclo se encuentra actualmente en crisis debido al constante aumento y desarrollo de una sociedad de consumo que demanda un crecimiento continuo de las actividades industriales y agroindustriales (López, y otros, 2021), siendo los centros comerciales uno de las actividades mayormente realizadas en Guayaquil.

Ecuador cuenta con una extensa legislación ambiental y se considera como instrumento legal para el control de descargas el T.U.L.S.M.A., cuya última reforma (Acuerdo Ministerial

097) contiene los Anexos con las normas de criterios de calidad para Suelos, Agua, Calidad de Aire y Ruido, siendo el Anexo 1 el referente a calidad de agua. Actualmente las autoridades competentes encargadas de controlar y regular las descargas de aguas residuales son los Departamentos de Gestión Ambiental de las Prefecturas Provinciales y Municipales y la autoridad ambiental nacional, el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (Peña, Mayorga, & Montoya, 2018).

Por tanto, en el caso particular del centro comercial de la presente investigación, se encuentran bajo el control del Departamento de Ambiente y Áreas Verdes de la Muy Ilustre Municipalidad de Guayaquil y sus descargas se realizan a un sistema de alcantarillado municipal.

Implementar y mantener un plan de tratamiento adecuado, que asegure el cumplimiento de los límites permisibles de descarga mejorará la reputación del centro comercial, demostrando compromiso con el medio ambiente y la comunidad. Esta tecnología de tratamiento de agua, más innovador y efectivo, incluirá las medidas necesarias para mantener un adecuado y eficiente, optimizando el consumo de agua y reduciendo costos a largo plazo.

1.3 Delimitación

El estudio experimental se realizará desde noviembre 2023, hasta febrero 2024. El centro comercial se sitúa en el norte de la Ciudad de Guayaquil en la parroquia Tarqui. El uso de suelo de la zona, es de tipo comercial.

1.4 Pregunta de investigación

¿Se podrá diseñar mediante pruebas de tratabilidad un sistema de aprovechamiento de aguas residuales domésticas para un centro comercial de la ciudad de Guayaquil, que incluya sus insumos y beneficios?

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

Diseñar un sistema de aprovechamiento de las aguas residuales domésticas mediante pruebas de tratabilidad para establecer los recursos requeridos y beneficios en su implementación en un centro comercial de la ciudad de Guayaquil.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar las aguas residuales domésticas mediante ensayos físicos, químicos y microbiológicos para precisar la calidad del agua de la unidad de análisis.
- Realizar pruebas de tratabilidad mediante ensayos experimentales en el laboratorio para definir el tratamiento más idóneo de las aguas residuales del centro comercial.
- Determinar el costo del proyecto mediante la elaboración de un presupuesto para determinar la viabilidad técnica financiera.

1.6 Hipótesis

1.6.1 Hipótesis General

H0: Las pruebas de tratabilidad permiten diseñar un sistema de aprovechamiento de aguas residuales domésticas para un centro comercial de la ciudad de Guayaquil, que incluya sus insumos y beneficios.

H1: Las pruebas de tratabilidad no permiten diseñar un sistema de aprovechamiento de aguas residuales domésticas para un centro comercial de la ciudad de Guayaquil, que incluya sus insumos y beneficios.

1.6.2 Hipótesis Específicas

- H1 0. La caracterización de aguas residuales domésticas mediante ensayos físicos, químicos y microbiológicos permitió precisar la calidad del agua de la unidad de análisis.

H1 1. La caracterización de aguas residuales domésticas mediante ensayos físicos, químicos y microbiológicos no permitió precisar la calidad del agua de la unidad de análisis.

- H2 0. No existen diferencias significativas en las eficiencias de los tratamientos aplicados en las pruebas de tratabilidad mediante ensayos experimentales en el laboratorio.

H2 1. Existen diferencias significativas en las eficiencias de los tratamientos aplicados en las pruebas de tratabilidad mediante ensayos experimentales en el laboratorio.

- H3 0. La elaboración de un presupuesto del costo del proyecto permitió establecer la viabilidad técnica financiera del tratamiento propuesto.

H3 1. La elaboración de un presupuesto del costo del proyecto no permitió establecer la viabilidad técnica financiera del tratamiento propuesto.

2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1 Base legal

Según los datos de la OECD (2017), Alemania registra uno de los impuestos ambientales per cápita más elevados en Europa, alcanzando los 857 USD anuales por persona, y ha experimentado una reducción del 84 % en la contaminación en un lapso de 15 años. Por otro lado, a pesar de que China es una de las principales economías globales, cuenta con regulaciones ambientales menos estrictas en comparación con otras economías desarrolladas como Alemania, Japón y Estados Unidos. La recaudación baja en China coincide con un aumento del 7 % en los niveles de contaminación desde el año 2000 hasta el 2015. En el caso de América Latina, la situación es similar a la de China: la región cuenta con una recaudación baja por impuestos ambientales, aproximadamente 115 USD por persona al año, y además, se observa un crecimiento del 2 % en los niveles de contaminación durante el período analizado.

La Constitución de la República del Ecuador, en su capítulo 7, artículo 71, establece los derechos de la naturaleza como prioritarios para asegurar el bienestar de las personas en un entorno natural saludable y libre de contaminación. De manera similar, el artículo 72 respalda estos derechos cuando la naturaleza se ve afectada por actividades socioeconómicas, exigiendo a los responsables tomar medidas de mitigación y restauración ambiental en caso de generar impactos.

Por otro lado, el artículo 36 de la Sección Tercera de la Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua en Ecuador, establece que el Estado, a través del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE), tiene la responsabilidad de promover y garantizar el acceso al agua, regular su uso y conservación en términos de cantidad y calidad, incluyendo ecosistemas marino-costeros, altoandinos, amazónicos y especialmente

áreas como páramos y humedales, así como aquellos que almacenan agua, asegurando un manejo sustentable mediante normativas técnicas y estándares de calidad.

De acuerdo con Terneus y Yáñez (2018), el MAATE, a través del TULSMA, debe seguir las disposiciones establecidas, las cuales son obligatorias en todo el territorio nacional. Estas disposiciones incluyen criterios específicos mencionados en el Libro IV, Anexo 1, que abordan aspectos como los límites permitidos, regulaciones y prohibiciones para vertidos en cuerpos de agua o sistemas de alcantarillado; criterios de calidad del agua para diversos usos; y métodos para detectar la presencia de contaminantes en el agua.

A pesar de esta estructura legal establecida para regular y administrar el uso adecuado del agua, es fundamental fortalecer el componente técnico para aumentar la efectividad, eficiencia y operatividad de estas iniciativas.

2.1.1 Código Orgánico de Ambiente

El Código Orgánico de Ambiente del Ecuador es una legislación integral que busca regular y proteger el ambiente, los recursos naturales, la biodiversidad y los ecosistemas en el país. Algunos puntos clave incluyen (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2017):

- Principios fundamentales: Establece principios como el principio precautorio, el principio de responsabilidad ambiental, el derecho a un ambiente sano y equilibrado, y la participación ciudadana en la gestión ambiental.
- Gestión ambiental: Define lineamientos para la gestión, conservación, protección y uso sostenible de los recursos naturales y la biodiversidad.
- Normas y regulaciones: Establece regulaciones para actividades que puedan tener impacto ambiental, como la explotación de recursos naturales, la gestión de desechos, la protección de áreas protegidas, entre otros.

- Instituciones y responsabilidades: Define las responsabilidades de las entidades gubernamentales, así como la creación y funciones de entidades como el Ministerio del Ambiente y otras instituciones relacionadas con la protección del ambiente.
- Sanciones: Establece sanciones y medidas correctivas para aquellos que infrinjan las disposiciones ambientales.

En resumen, el Código Orgánico de Ambiente del Ecuador es una ley integral que busca garantizar la protección y conservación del medio ambiente, estableciendo principios, regulaciones y mecanismos de control para promover la sostenibilidad y el cuidado de los recursos naturales en el país.

2.1.2 Reglamento al Código Orgánico de Ambiente

Este reglamento aborda temas como normativas detalladas sobre la gestión de residuos, la protección de áreas naturales, la evaluación de impacto ambiental para diferentes proyectos, entre otros aspectos relacionados con la aplicación más específica de los principios y disposiciones establecidas en el Código Orgánico de Ambiente (Ministerio de Ambiente y Agua, 2019).

2.1.3 Acuerdo Ministerial 097A

Expedite los Anexos del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (Ministerio del Ambiente, 2017).

2.1.4 Anexo 1. Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes del recurso agua.

Norma técnica ambiental revisada y actualizada, es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional. La determina o establece:

1. Los principios básicos y enfoque general para el control de la contaminación del agua;
2. Las definiciones de términos importantes y competencias de los diferentes actores establecidas en la ley;
3. Los criterios de calidad de las aguas para sus distintos usos;
4. Los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para las descargas en cuerpos de aguas o sistemas de alcantarillado.
5. Permisos de descarga.
6. Los parámetros de monitoreo de las descargas a cuerpos de agua y sistemas de alcantarillado de actividades industriales o productivas, de servicios públicas o privadas; 7. Métodos y procedimientos para determinar parámetros físicos, químicos y biológicos con potencial riesgo de contaminación del agua.

2.2 Base Referencial

2.2.1 Centros comerciales

Los centros comerciales son entidades económicas accesibles para la mayoría, que no solo sirven como puntos de suministro, sino que también desempeñan un papel significativo en el desarrollo de la ciudad (Zazo & López, 2018). En los últimos años su papel destacado en el ámbito del comercio minorista ha crecido considerablemente, siendo que la cultura asociada a estos centros desempeña un papel fundamental en el modo de vida de los consumidores (Kashyap & Kumar, 2019).

De acuerdo a diversas investigaciones, cambios realizados en centros comerciales, mayormente impulsados por inversionistas privados, atienden a las demandas de las clases sociales más acomodadas y fomentan el turismo. Estos cambios, conocidos como gentrificación y turistificación, han generado cambios en la estructura social de la zona. Además, se destaca cómo los mercados alteran las interacciones del entorno, incluyendo el aumento de la actividad comercial en sus cercanías (Briones, Heras, & Heras, 2021). Esta situación genera un aumento en el flujo de materiales y en el funcionamiento urbano: más productos ingresando, pérdidas considerables por logística, acumulación de desechos y un incremento en las emisiones, todo lo cual afecta el entorno natural regional y el medio urbano, teniendo un efecto perjudicial en la habitabilidad de la zona (Carreño & Alfonso, 2018).

Esto sumado a que en los últimos años a medida que una economía crece, los países tienden a concentrarse en áreas en las que tienen una ventaja comparativa. Esto conlleva cambios en la estructura productiva que pueden impactar la contaminación, dependiendo de la tecnología empleada y las regulaciones ambientales a las que estén sujetos (Freire, Meneses, & Cuesta, 2021) pues según Ridzuan (2019) el comercio libre ha provocado una disminución del 0.2% en la contaminación en naciones de altos ingresos. Sin embargo, en países de bajos ingresos, incluyendo aquellos en América Latina, se observó un aumento del 0.06% en el mismo período entre 2001 y 2010.

2.2.2 Aguas residuales

En el presente, el consumo de agua se ha duplicado debido al crecimiento de la población, lo que ha generado un aumento tanto en la necesidad de agua como en la presencia de elementos dañinos en fuentes de agua debido a la contaminación (Kilic, 2020). Las aguas residuales son aquellas que se desechan después de ser utilizadas y han experimentado cambios en su calidad debido a la inclusión de diferentes sustancias. Por lo general, se dirigen hacia ríos

y océanos, alterando las propiedades naturales de estos cuerpos de agua receptores (Mora, Alfaro, Pérez, & Vega, 2022).

El agua sufre impactos derivados de vertidos no regulados provenientes de actividades agrícolas, residenciales e industriales (Rangel, Oliveira, Arellano, & González, 2019). Entre las particularidades de las aguas residuales, se evidencian el potencial olor desagradable derivado de la descomposición anaeróbica de materia orgánica, la toxicidad debido a la existencia de compuestos químicos, la posibilidad de contagio por la presencia de microorganismos patógenos y, por último, la percepción visual negativa, resultado de todas las modificaciones previamente mencionadas (Mora, Alfaro, Pérez, & Vega, 2022).

Debido a la contaminación presente en los cuerpos de agua, el agua experimenta alteraciones en su tonalidad y composición debido a la amplia gama de sustancias que llegan a ella, incluyendo residuos domésticos, detergentes, hidrocarburos, pesticidas y desechos radiactivos (Castro, Torres, & Gallardo, 2020).

En Ecuador, uno de los problemas ambientales más significativos reside en el empleo de ríos, estuarios y lagos como puntos de vertido para aguas residuales (tanto municipales como domésticas e industriales) sin someterlas a tratamiento previo. La gestión de desechos líquidos urbanos e industriales apenas alcanza un 7 %, siendo prácticamente inexistente (González, Heredia, & Rodríguez, 2019).

2.2.3 *Sistemas de tratamiento*

Las instalaciones de tratamiento de aguas residuales desempeñan una función crucial en el ciclo del agua al generar un efluente líquido de calidad suficiente para reintegrarse a entornos naturales, minimizando así su impacto ambiental y protegiendo la salud pública (Duque, Heras, Lojano, & Vilorio, 2018). Los sistemas de tratamiento se constituyen en:

- Tratamiento primario: también conocido como primera sedimentación, se centra en la eliminación de compuestos orgánicos flotantes o suspendidos. Este proceso tiene como objetivo reducir la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) en un rango del 30 al 40% y normalmente dura entre 1.5 y 3 horas (Oakley, 2018).
- Tratamiento secundario: implica procesos biológicos que se basan en la oxidación a través de tres métodos principales: biofiltración, aireación y estanques de oxidación. En general, este tratamiento suele lograr reducir la DBO a niveles de 10-30 mg/L (Organica, 2017).
- Tratamiento terciario: se enfoca principalmente en la eliminación de fosfatos y nitratos utilizando carbón activado y arena, o mediante el empleo de tecnologías avanzadas (Organica, 2017).

En la realidad práctica, al aplicar los métodos de tratamiento, es esencial considerar principalmente la naturaleza y las características fisicoquímicas de las aguas o los efluentes a ser tratados (López, y otros, 2021). En el tratamiento de aguas residuales, los procesos biológicos son una opción significativa y relevante. Estos métodos se fundamentan en la capacidad de los microorganismos para descomponer y eliminar la materia orgánica biodegradable presente en las aguas residuales a través de la digestión y descomposición (Duque, Heras, Lojano, & Vilorio, 2018).

La mayoría de las instalaciones encargadas del tratamiento de aguas residuales carecen generalmente de la tecnología necesaria para llevar a cabo una eliminación eficaz (Carmona, 2019), lo cual representa una amenaza para el ecosistema acuático y la calidad del agua (Propp, y otros, 2021).

En las áreas rurales de América Latina y el Caribe la mayoría de sistemas de tratamiento son instalaciones convencionales situadas en las etapas finales previas a los sistemas de alcantarillado, antes de la descarga en cuerpos de agua. Estos sistemas de tratamiento se centran

en tecnologías de eliminación de contaminantes de baja carga y se caracterizan por ser de bajo costo en términos de construcción y operación. La fosa séptica es la tecnología más utilizada, siendo construida mayormente con materiales como concreto o plástico (Sánchez & García, 2018).

2.2.4 Pruebas de tratabilidad

Carreño, Lucas, Hurtado, Barrios, & Acuña (2019) Indican que el tratamiento del agua de una fuente específica, debe basarse en análisis de calidad y pruebas de viabilidad en entornos de laboratorio para garantizar su eficacia.

2.2.5 Pruebas de jarras

El procedimiento D2035-19: 2019 establece un procedimiento general para la evaluación de un tratamiento para reducir materia disuelta, suspendida, coloidal y no sedimentable del agua o aguas residuales mediante coagulación-floculación química, seguida de sedimentación por gravedad. Se realiza la prueba de coagulación-floculación para determinar los productos químicos, las dosis y las condiciones necesarias para lograr resultados óptimos. Las variables primarias que se investigan incluyen, entre otras: Aditivos químicos, pH, Temperatura (ASTM D2035-19, 2019).

2.2.6 Características del agua a analizar

2.2.6.1 Características Físicas

2.2.6.1.1 Temperatura

Varía entre 10 y 21 °C, con un promedio cercano a los 15 °C. Esta elevada temperatura puede afectar negativamente a los cuerpos de agua receptores, potencialmente alterando su vida vegetal y animal, facilitando la proliferación no deseada de algas, hongos, entre otros

organismos. Además, el incremento de la temperatura puede contribuir a reducir el nivel de oxígeno disuelto, ya que la capacidad del agua para disolver oxígeno decrece con el aumento de la temperatura (Guerrero & Heredia, 2021).

2.2.6.1.2 *Sólidos Suspendidos Totales*

Los sólidos totales comprenden tanto compuestos inorgánicos (tales como carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos, fosfatos, nitratos de sodio, potasio, calcio, magnesio y hierro) como materia orgánica. Se pueden categorizar según su tamaño y estado (sólidos en suspensión, coloidales y disueltos), por sus características químicas (sólidos volátiles y fijos) y por su capacidad de sedimentación (sólidos en suspensión sedimentables y no sedimentables) (Guerrero & Heredia, 2021).

2.2.6.2 Características Químicas

2.2.6.2.1 *Demanda Bioquímica de Oxígeno*

La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) es la cantidad de oxígeno requerida por los microorganismos para descomponer la materia orgánica presente en el agua. Se evalúa a lo largo de 5 días a una temperatura de 20 °C, por lo que se expresa como DBO5 (Guerrero & Heredia, 2021).

2.2.6.2.2 *Demanda Química de Oxígeno*

Evalúa la concentración de materia orgánica en el agua al determinar la cantidad de oxígeno requerido para oxidarla. En este caso, el oxígeno necesario es proporcionado por un agente oxidante químico como el permanganato o el dicromato potásico. Este parámetro no debería ser menor que la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), ya que generalmente hay más sustancias que pueden ser oxidadas por métodos químicos que por procesos biológicos (Guerrero & Heredia, 2021).

2.2.6.2.3 *Potencial de Hidrógeno*

Se emplea este indicador para evaluar el nivel de acidez o alcalinidad presente en el agua residual, generalmente dentro de un intervalo de 5 a 9, siendo 7 considerado como neutral. (Guerrero & Heredia, 2021).

2.2.6.2.4 *Aceites y Grasas*

Los grasas y aceites, son extremadamente estables y no se mezclan con el agua, provienen principalmente de desperdicios alimentarios, a excepción de los aceites minerales derivados de otras actividades. Al ser inmiscibles con el agua, permanecen en la superficie, formando capas de grasa y espuma. Estas capas obstaculizan cualquier tipo de tratamiento, ya sea biológico o físico-químico, por lo que se recomienda eliminar las grasas y aceites en las etapas iniciales del tratamiento de aguas residuales (Vidales, Leos, & Campos, 2010).

2.2.6.2.5 *Compuestos Fenólicos*

Las aguas residuales que contienen compuestos fenólicos presentan un desafío significativo en términos de descarga debido a su difícil biodegradación, alta toxicidad y consecuencias ambientales. Los compuestos fenólicos, como el benceno, etilbenceno, xileno, tolueno y los hidrocarburos aromáticos policíclicos, poseen una peligrosa toxicidad y su resistencia les permite persistir durante largos periodos, acumulándose en los sistemas biológicos y causando considerables daños en los ecosistemas y la salud humana (Abreu, Perozo, Martínez, & Morán, 2016).

2.2.6.2.6 *Tensoactivos*

Los tensoactivos son sustancias orgánicas que pueden modificar considerablemente la superficie o límite entre dos medios, afectando la forma en que interactúan. Estos compuestos

afectan el intercambio de gases en cuerpos de agua y causan cambios en el sistema hormonal de organismos acuáticos (Morillo, Naranjo, & Pérez, 2019).

2.2.6.2.7 Conductividad Eléctrica

La conductividad eléctrica (CE) del agua se refiere a la capacidad del agua para conducir corriente eléctrica. (Solís, Zúñiga, & Mora, 2018). Es útil para determinar la concentración total de sales solubles. La CE y el Na + son dos parámetros fundamentales que definen la aptitud del agua para riego (Quinteros, y otros, 2019).

2.3 Definiciones

Estas definiciones son tomadas del Acuerdo Ministerial 097A, anexo 1 de la calidad ambiental recurso agua numeral 2:

Agua residual: es el agua de composición variada proveniente de uso doméstico, industrial, comercial, agrícola, pecuario o de otra índole, sea público o privado y que por tal motivo haya sufrido degradación en su calidad original.

Agua residual doméstica: mezcla de: desechos líquidos de uso doméstico evacuados de residencias, locales públicos, educacionales, comerciales e industriales.

Autoridad Ambiental Nacional: Ministerio del Ambiente.

Autoridad Ambiental Competente: Son competentes para llevar los procesos de prevención, control y seguimiento de la contaminación ambiental, en primer lugar, el Ministerio del Ambiente y por delegación, los gobiernos autónomos descentralizados provinciales, metropolitanos y/o municipales acreditados.

Caracterización de aguas residuales: proceso destinado al conocimiento integral y estadísticamente confiable de las características del agua residual (doméstica e industrial) e integrado por la toma de muestras, medición de caudal e identificación de los componentes físicos, químicos, biológicos y microbiológicos.

Contaminación del agua: cualquier alteración de las características físicas, químicas o biológicas, en concentraciones tales que la hacen no apta para el uso deseado, o que causa un efecto adverso al ecosistema acuático, seres humanos o al ambiente en general.

Criterio de la calidad del agua: concentración numérica o enunciado descriptivo recomendado sobre parámetros físicos químicos y biológicos para mantener determinado uso benéfico del agua. Los criterios de calidad para diversos usos del agua son la base para determinación de los objetivos de calidad en los tramos de un cuerpo receptor. Esta determinación generalmente demanda un proceso de modelación del cuerpo receptor en donde se consideran las condiciones más críticas de caudales del cuerpo receptor, las cargas futuras de contaminantes y la capacidad de asimilación del recurso hídrico.

Cuerpo receptor: río, cuenca, cauce o cuerpo de agua que sea susceptible de recibir directa o indirectamente el vertido de aguas residuales.

Descarga de aguas residuales: Acción de verter aguas residuales a un sistema de alcantarillado o cuerpo receptor.

Depuración o tratamiento de aguas residuales: término usado para significar la purificación o remoción de contaminantes de las aguas residuales.

Efluente: Descarga o vertido líquido proveniente de un proceso productivo o de una actividad determinada.

Entidad Prestadora de Servicios de Agua Potable y Saneamiento (EPS): entidad de carácter Público o comunitaria encargada de la prestación de los servicios de agua potable y saneamiento.

Impacto ambiental: cambio o consecuencia al ambiente que resulta de una acción específica o proyecto.

Laboratorio acreditado: persona jurídica, pública o privada que realiza los análisis físicos, químicos, bioquímicos o microbiológicos en muestras de agua, que se encuentre acreditado por el Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE) o el que le reemplace.

Muestra compuesta: formada por mezcla de alícuotas de muestras individuales, tomadas a intervalos y durante un período de tiempo predeterminado.

Muestra puntual: muestra individual, tomada al azar (con relación al tiempo y/o lugar de un volumen de agua), representa la calidad del agua en el tiempo y en lugar en que fue tomada.

Parámetro, componente o característica: variable o propiedad física, química, biológica, combinación de las anteriores, elemento o sustancia que sirve para caracterizar la calidad del recurso agua o de las descargas.

Planta de tratamiento de aguas residuales: conjunto de obras, facilidades y procesos, implementados para mejorar las características del agua residual doméstica e industrial.

Pre tratamiento: operaciones y/o procesos destinados a la reducción de la concentración de contaminantes de las descargas de aguas residuales antes de su descarga al sistema público de alcantarillado o cuerpos receptores.

Sistema Público de Alcantarillado: conjunto adecuado de conductos subterráneos que sirven para el transporte de agua residual.

Tratamiento preliminar: procesos para remoción de sólidos gruesos, flotantes, grasas, procesos de compensación y ajustes de pH.

Tratamiento primario: contempla el uso de operaciones físicas para la reducción de sólido sedimentables y flotantes presentes en el agua residual, como: cribado, desarenado, sedimentación y manejo y disposición final de sólidos generados en este proceso.

Tratamiento secundario: contempla el empleo de procesos biológicos y/o químicos para reducción principalmente de compuestos orgánicos biodegradables, y sólidos suspendidos. El tratamiento secundario generalmente está precedido por tratamiento primario, incluye generalmente procesos de desinfección.

Tratamiento avanzado: es el tratamiento adicional necesario para remover nutrientes y sustancias principalmente disueltas que permanecen después del tratamiento secundario.

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Diseño del trabajo experimental

El trabajo de investigación se lo realizará mediante un proyecto experimental en un centro comercial de la ciudad de Guayaquil, se realizaron mediciones de caudal durante tres meses.

Los análisis a realizarse para la prueba T de Student, entre la muestra testigo y el tratamiento con mejores resultados, mediante los indicadores descritos en la Tabla 3.1, los cuales corresponden a los parámetros requeridos en la Guía para ejecución de monitoreos de aguas residuales industriales de la Dirección de Ambiente y Preservación de Áreas Verdes del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Guayaquil (2023) para la actividad de centro comercial con patio de comidas.

Tabla 3.1. Parámetros a evaluar

Parámetros	Unidad	Método
Potencial de Hidrógeno	Unidades de pH	SM 4500 H / MM-AG/S-01
Temperatura	°C	SM 2550 / MM-AG-43
Sólidos Totales	mg/l	SM 2540 F / MM-AG-08
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	SM 2540 D / MM-AG-05
Aceites y Grasas	mg/l	EPA 1664 / MM-AG/S-32
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	SM 5210 B,D / MM-AG-19
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	SM 5220 D / MM-AG-18
Tensoactivos	mg/l	SM 5540 / MM-AG-26

Elaborado por: Nery Cano (2023)

3.2 Población y muestra

La población a analizar corresponde a las aguas residuales domésticas de centros comerciales, habiéndose seleccionado como muestra para la investigación un centro comercial de la ciudad de Guayaquil.

3.3 Variables

3.3.1 *Variable independiente*

Prueba de tratabilidad.

3.3.2 *Variable dependiente*

Aguas residuales domésticas (indicadores descritos en la Tabla 3.1).

3.4 Recogida de datos

Se realizará el análisis de la calidad del agua residual generada en el centro comercial, usando como referencia los parámetros que se describen en la tabla 3.2. El caudal será medido in situ. De acuerdo a los resultados de calidad de efluente, se realizará la comparación de los mismos con los límites permisibles de descarga, de acuerdo a la normativa actual vigente. Para esto se utilizará lo contenido en la Tabla 8 Límites de descarga al sistema de alcantarillado público del Anexo 1. Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes del recurso agua del Acuerdo Ministerial 097A del Ministerio de Ambiente. Se realizarán gráficas donde se visualice el cumplimiento de los límites permisibles de cada uno de los parámetros.

Para la prueba de jarras se utilizará un volumen de 40 litros para cada unidad experimental. Se programará primero una mezcla rápida intensa y de corta duración aproximadamente 1 minuto seguida de una mezcla lenta de aproximadamente 25 minutos, al final se deja reposar por 10 minutos sin mezcla.

3.5 Protocolos

Para el proyecto de investigación “Diseño de un sistema de aprovechamiento de las aguas residuales domésticas de un centro comercial de la ciudad de Guayaquil” se hizo uso de

una investigación experimental, en la que se realizarán pruebas de tratabilidad que permita definir el método más idóneo en la unidad de análisis considerada para este estudio que será un centro comercial ubicado en el norte de la ciudad de Guayaquil. Como referencia para la caracterización del agua residual doméstica se usó el estándar método establecido en la legislación ambiental ecuatoriana. Para la ejecución de la investigación se realizarán las siguientes actividades.

3.6 Fase 1. Caracterización de aguas residuales

3.6.1 Actividad 1. Diagnóstico de aguas residuales del centro comercial

Se realizó el análisis de la calidad del agua residual generada en el centro comercial, usando como referencia los parámetros que se describen en la tabla 3.2. El caudal será medido in situ.

3.6.2 Actividad 2. Análisis del cumplimiento de los límites permisibles

De acuerdo a los resultados de calidad de efluente, se realizará la comparación de los mismos con los límites permisibles de descarga, de acuerdo a la normativa actual vigente. Para esto se utilizará lo contenido en la Tabla 8 Límites de descarga al sistema de alcantarillado público del Anexo 1. Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes del recurso agua del Acuerdo Ministerial 097A del Ministerio de Ambiente. Se realizarán gráficas donde se visualice el cumplimiento de los límites permisibles de cada uno de los parámetros.

3.7 Fase 2. Pruebas de tratabilidad

3.7.1 Actividad 3. Realizar la prueba de jarras

Se utilizará un volumen de 800 ml para cada prueba, a la cual se les realizó una corrección de pH con 20 ml de solución de cal de concentración al 1% en cada prueba, tomando

el pH para verificar la corrección. Se realizó la prueba de jarras utilizando inicialmente 6 dosis diferentes del Sulfato de aluminio al 1% (5 ml, 10 ml, 15 ml, 20 ml, 25 ml y 30 ml), cada una con 1 ml de floculante al 1%. Posteriormente, se seleccionó la dosis con mejores resultados en dos ocasiones consecuentes (5 ml y 7 ml), y con 800 ml de muestra se aplicaron dosis del Sulfato de aluminio al 1% más cercanas para seleccionar la más adecuada (5ml (2 ml, 3 ml, 4 ml, 5 ml, 6 ml y 7 ml) y 7ml (7 ml, 6.5 ml y 7.5 ml)), cada una con 1 ml de floculante al 2%.

En el test de jarra Se programó primero una mezcla rápida intensa y de corta duración aproximadamente 1 minuto seguida de una mezcla lenta de aproximadamente 25 minutos, al final se dejó reposar por 10 minutos sin mezcla. Al final se aplicó el Índice Wilcomb a cada muestra, de acuerdo al siguiente detalle:

Tabla 3.2. Valoración del Índice Wilcomb

Número de Índice	Descripción
0	Floc coloidal. Ningún signo de aglutinación
2	Visible. Floc muy pequeño, casi imperceptible para un observador no entrenado
4	Disperso. Floc buen formado, pero uniformemente distribuido (Sedimenta muy lentamente o no sedimenta)
6	Claro. Floc de tamaño relativamente claro pero que precipita con lentitud.
8	Bueno. Floc que se deposita fácil pero completamente
10	Excelente. Floc que se deposita todo dejando el agua cristalina

3.7.2 Actividad 4. Analizar los resultados

Se aplicó un proceso de clarificación a la muestra con mejores resultados y se realizaron los análisis descritos en la tabla 7.1 (Exceptuando el caudal) a esta, a una muestra testigo y a una muestra con la mejor dosis filtrada, analizando la eficiencia de remoción de cada parámetro, de acuerdo a la siguiente formula:

$$\%_{remoción} = \frac{V_{inicial} - V_{final}}{V_{inicial}} \times 100$$

Donde,

$\%_{remoción}$ = Porcentaje de remoción

$V_{inicial}$ = Valor inicial

V_{final} = Valor final

Realizando posteriormente la prueba T de Student con nivel de significancia del 5%, se determinó si existe alguna diferencia significativa entre la muestra testigo y el tratamiento con mejores resultados. Se comparó el resultado final con el cumplimiento de los límites permisibles de la normativa vigente.

3.7.3 Comprobación de hipótesis

El análisis a utilizarse para la prueba T de Student, se determinó si existe alguna diferencia significativa entre la muestra testigo y el tratamiento con mejores resultados, mediante los indicadores descritos en la Tabla 3.1, los cuales corresponden a los parámetros requeridos en la Guía para ejecución de monitoreos de aguas residuales industriales de la Dirección de Ambiente y Preservación de Áreas Verdes del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Guayaquil (2023) para la actividad de Centro Comercial Con Patio De Comidas.

3.8 Fase 3. Determinar el costo del proyecto

3.8.1 Actividad 5. Análisis del costo del tratamiento

Se realizará un análisis económico que plantee la aplicación del tratamiento que haya obtenido los mejores resultados, analizando el costo de su aplicación, utilizando como referencia el parámetro de caudal medido in situ.

3.8.2 Actividad 6. Planteamiento de un plan de buenas prácticas

De acuerdo al diagnóstico realizado a la calidad del efluente, al cumplimiento de los límites permisibles de descargas y a la prueba de jarras, se planteará un plan de buenas prácticas

para el sistema de tratamiento de aguas residuales que servirá de base para optimizar y mantener el cumplimiento normativo de la calidad de efluentes.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Caracterización de aguas residuales

4.1.1 *Diagnóstico de aguas residuales del centro comercial*

El centro comercial posee cuatro tipos de actividades generadoras de efluentes: las de restaurante, las de tiendas comerciales, las de servicios higiénicos y mantenimiento y las del área de parqueo, cuyo proceso se describe a continuación:

- Cada restaurante del centro comercial mantiene una trampa de grasas, a las cuales se les da mantenimiento con frecuencia diaria o semanal, en función de la actividad de cada restaurante. El centro comercial verifica mediante inspecciones programadas la realización de mantenimientos.
- Las tiendas comerciales tienen dentro de cada una un servicio higiénico particular, cuyos efluentes, al igual que los servicios higiénicos y mantenimiento descargan al sistema hidrosanitario del centro comercial, pues corresponden a descargas de aguas negras y grises. El centro comercial exige que todos sus locales utilicen productos de limpieza biodegradables.
- En el área de parqueo existen áreas de lavado de vehículos con descargas con grasas y aceites y así mismo, se realiza la limpieza regular del área con el fin de eliminar posibles derrames existentes, por lo que existen un total de 5 trampas de grasas con mantenimiento semanal.

Previo la descarga al sistema de alcantarillado, el centro comercial tiene una trampa de grasas general, para asegurar el cumplimiento de los límites de descarga.

La medición de caudal se la realizo durante los meses de diciembre 2023, enero 2024 y febrero 2024 encontrando que el valor mínimo fue de 41 m³/día y un valor máximo de 65

m³/día, con un valor promedio de 52.98 m³/día y 1609.00 m³/mes. Las mediciones se realizaron analizando el medidor desde las 10H00 (hora de apertura del centro comercial) hasta las 22H00 (hora de cierre del centro comercial).

Tabla 4.1. Resultados de la medición de Caudal al mes

Día	Consumo mes 1 (m³/d)	Consumo mes 2 (m³/d)	Consumo mes 3 (m³/d)
1	56.00	41.00	62.00
2	57.00	52.00	58.00
3	41.00	55.00	53.00
4	52.00	64.00	62.00
5	45.00	46.00	61.00
6	47.00	58.00	46.00
7	59.00	48.00	63.00
8	56.00	42.00	63.00
9	57.00	58.00	63.00
10	41.00	60.00	44.00
11	52.00	61.00	58.00
12	45.00	64.00	60.00
13	47.00	54.00	47.00
14	59.00	51.00	51.00
15	56.00	44.00	47.00
16	57.00	59.00	64.00
17	41.00	65.00	59.00
18	52.00	54.00	63.00
19	45.00	61.00	44.00
20	47.00	55.00	63.00
21	59.00	50.00	49.00
22	56.00	52.00	43.00
23	57.00	57.00	54.00
24	41.00	45.00	46.00
25	52.00	59.00	44.00
26	45.00	51.00	49.00
27	47.00	64.00	51.00
28	59.00	41.00	49.00
29	59.00	52.00	64.00
30	41.00	50.00	
31	51.00	55.00	
Consumo (m³/mes)	1579.00	1668.00	1580.00

Elaboración: Cano, Nery (2024)
Fuente: Centro Comercial (2024)

4.1.2 Resultados de los Análisis de la calidad del agua cruda

Se realizó el análisis del efluente del centro comercial, obteniendo los resultados descritos en la Tabla 4.2 y la Ilustración 4.1, los cuales destacan que los efluentes únicamente cumplen con los centros de descarga de Potencial de Hidrógeno, Temperatura y Sólidos Totales.

Tabla 4.2. Análisis de cumplimiento normativo inicial

Parámetro	Unidad	Inicial	Límite máximo*
Potencial de Hidrógeno	Unidades de pH	6.4	9
Temperatura	°C	25	40
Sólidos Totales	mg/l	855	1600
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	435	220
Aceites y Grasas	mg/l	256	70
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	684	250
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	3612	500
Tensoactivos	mg/l	5.8	2

* Tabla 8 del Anexo 1 del Acuerdo Ministerial 097A del Ministerio de Ambiente (2017)
 Elaboración: Cano, Nery (2024)
 Fuente: Centro Comercial (2024)



Ilustración 4.1. Análisis de cumplimiento normativo inicial
 Elaboración: Cano, Nery (2024)
 Fuente: Cano, Nery (2024)

4.2 Pruebas de tratabilidad

4.2.1 Resultados de las Pruebas de Jarras

En el desarrollo del experimento se realizó un pretratamiento que consistió en realizar un ajuste del pH a la muestra de agua cruda, procedimiento que buscaba identificar el valor del potencial de hidrógeno de manera inicial para luego de manera progresiva ir adicionando una solución de cal de concentración al 1% hasta alcanzar el valor deseado de pH (8.4).

Tabla 4.3. Análisis del pH con diferentes dosis de solución de cal de concentración al 1%

Fuente	pH	Dosis Cal
Inicial	6.40	1,5 ml
Ajuste #1	6.52	1.5 ml
Ajuste #2	6.72	4.0 ml
Ajuste #3	6.85	10.0 ml
Ajuste #4	7.25	15.0 ml
Ajuste #5	8.25	18.0 ml
Ajuste #6	8.38	20.0 ml

Elaboración: Cano, Nery (2024)

Fuente: Cano, Nery (2024)

Una vez realizada la corrección del pH en cada una de las unidades experimentales (800 ml de efluente), se procedió con la ejecución de la prueba de jarras con las dosis de coagulante seleccionada de acuerdo a los resultados índices Wilcomb obteniéndolos en conjunto con una dosis de 1 ml de Floculante, obteniendo los resultados descritos en la tabla 4.4, encontrando que la dosis de coagulante con mejores resultados fue la de 7 ml.

El procedimiento realizado correspondió a partir de dosis generales (5 ml, 10 ml, 15 ml, 20 ml, 25 ml y 30 ml), luego con dosis aproximadas (2 ml, 3 ml, 4 ml, 5 ml, 6 ml y 7ml) y finalmente dosis lo más cercanas posibles (6.5ml, 7 ml, 7.5 ml, 8 ml, 9 ml), hasta obtener los mejores resultados.

Tabla 4.4. Resultados de prueba de jarras

Prueba	Volumen de muestra (ml)	Dosis de Coagulante (ml)	Dosis de Floculante (ml)	Índice Wilcomb
1	800	5	1	8
2	800	10	1	6
3	800	15	1	4
4	800	20	1	4
5	800	25	1	4
6	800	30	1	4
7	800	2	1	4
8	800	3	1	4
9	800	4	1	4
10	800	5	1	8
11	800	6	1	8
12	800	7	1	10
13	800	8	1	8
14	800	9	1	6
16	800	7	1	10
17	800	6.5	1	8
18	800	7.5	1	8

Elaboración: Cano, Nery (2024)

Fuente: Cano, Nery (2024)

De acuerdo con los análisis realizados, se obtuvieron los resultados de cumplimiento descritos en la Tabla 4.5 y la Ilustración 4.2, siendo que únicamente la muestra con la dosis que dio los mejores resultados filtrada cumplió con los todos los limites permisibles de descarga a un sistema de alcantarillado.

Tabla 4.5. Análisis de cumplimiento normativo final

Parámetro	Unidad	Testigo	Mejor	Mejor filtrada	Límite máximo*
Potencial de Hidrógeno	Unidades de pH	8.00	7.80	7.60	6.00-9.00
Temperatura	°C	24.00	23.50	23.80	40.00
Sólidos Totales	mg/l	852.30	1270.00	1100.00	1600.00
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	430.13	540.00	156.00	220.00
Aceites y Grasas	mg/l	253.43	68.00	41.60	70.00
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	681.82	186.00	129.50	250.00
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	3606.00	1320.00	207.50	500.00
Tensoactivos	mg/l	5.79	0.80	0.78	2.00

* Tabla 8 del Anexo 1 del Acuerdo Ministerial 097A del Ministerio de Ambiente (2017)

Elaboración: Cano, Nery (2024)

Fuente: Cano, Nery (2024)

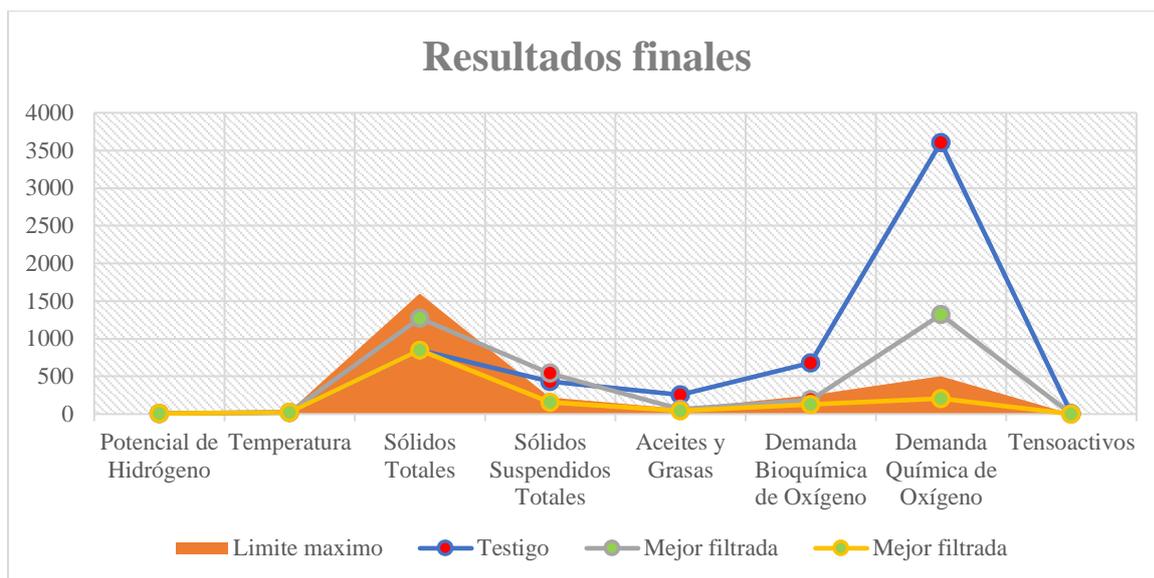


Ilustración 4.2. Análisis de cumplimiento normativo final

Elaboración: Cano, Nery (2024)

Fuente: Cano, Nery (2024)

Con estos resultados se obtuvo el porcentaje de remoción de los parámetros Temperatura (°C), Sólidos Totales (mg/l), Sólidos Suspendidos Totales (mg/l), Aceites y Grasas (mg/l), Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/l), Demanda Química de Oxígeno (mg/l) y Tensoactivos (mg/l), obteniendo los resultados obtenidos en la tabla 4.6:

Tabla 4.6. Porcentajes de remoción de contaminantes

Parámetro	Unidad	% Remoción Testigo	% Remoción Mejor	% Remoción Mejor Filtrada
Temperatura	°C	4.00%	6.00%	4.80%
Sólidos Totales	mg/l	0.32%	-48.54%	0.58%
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	1.12%	-24.14%	64.14%
Aceites y Grasas	mg/l	1.00%	73.44%	83.75%
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	0.32%	72.81%	81.07%
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	0.17%	63.46%	94.26%
Tensoactivos	mg/l	0.17%	86.21%	86.55%

Elaboración: Cano, Nery (2024)

Fuente: Cano, Nery (2024)

Con estos valores se realizó la comprobación de las hipótesis con la prueba T de Student utilizando el software estadístico Infostat, dando como resultado que el p-valor es menor al nivel de significancia (0.05) en la comparación entre la muestra testigo y la mejor filtrada por lo que se rechaza la hipótesis nula y se asume que “Existen diferencias significativas en las

eficiencias de los tratamientos aplicados en las pruebas de tratabilidad mediante ensayos experimentales en el laboratorio”, siendo el tratamiento mejor filtrado el seleccionado.

Tabla 4.7. Prueba T de Student de la eficiencia de los tratamientos

Grupo 1	Grupo 2	n(1)	n(2)	Media(1)	Media(2)	Media(1)- Media(2)	T	p- valor
{Mejor}	{Mejor filtrada}	7	7	0,33	0,59	-0,27	-1,05	0,3163
{Mejor}	{Testigo}	7	7	0,33	0,01	0,32	1,55	0,1724
{Mejor filtrada}	{Testigo}	7	7	0,59	0,01	0,58	3,88	0,0082

Elaboración: Cano, Nery (2024)

Fuente: Cano, Nery (2024)

Los lodos provenientes del proceso de tratamiento, luego de pasar por un análisis CRETIB (Corrosivo, Reactivo, Explosivo, Tóxico, Inflamable Y Biológico Infeccioso) y cumplir con la Resolución 003 Norma Técnica de desechos peligrosos y especiales y ser secados podrán ser desechados con el recolector municipal.

Como adición, se evaluó la calidad del efluente del mejor tratamiento filtrado con la tabla 4 del del Anexo 1 del Acuerdo Ministerial 097A del Ministerio de Ambiente (2017) “Criterios de calidad de aguas para riego agrícola”, obteniendo los resultados de cumplimiento descritos en la Tabla 4.7, destacando que, de acuerdo a estos parámetros el efluente tratado podría aprovecharse como agua para el riego de las áreas verdes del centro comercial y sus alrededores.

Tabla 4.8. Cumplimiento de criterios de calidad de agua de riego

Parámetro	Unidad	Mejor filtrada	Límite máximo*
Potencial de Hidrógeno	Unidades de pH	7.60	6.00-9.00
Oxígeno Disuelto	mg/l	3	3
Coliformes fecales	NMP/100ml	0	1000
Aceites y Grasas	Película visible	Ausencia	Ausencia
Material flotante	Visible	Ausencia	Ausencia

* Tabla 3 del Anexo 1 del Acuerdo Ministerial 097A del Ministerio de Ambiente (2017)

Elaboración: Cano, Nery (2024)

Fuente: Cano, Nery (2024)

4.3 Propuesta de aprovechamiento

4.3.1 Descripción

Considerando los resultados obtenidos, se plantea el siguiente proceso de aprovechamiento de efluentes:

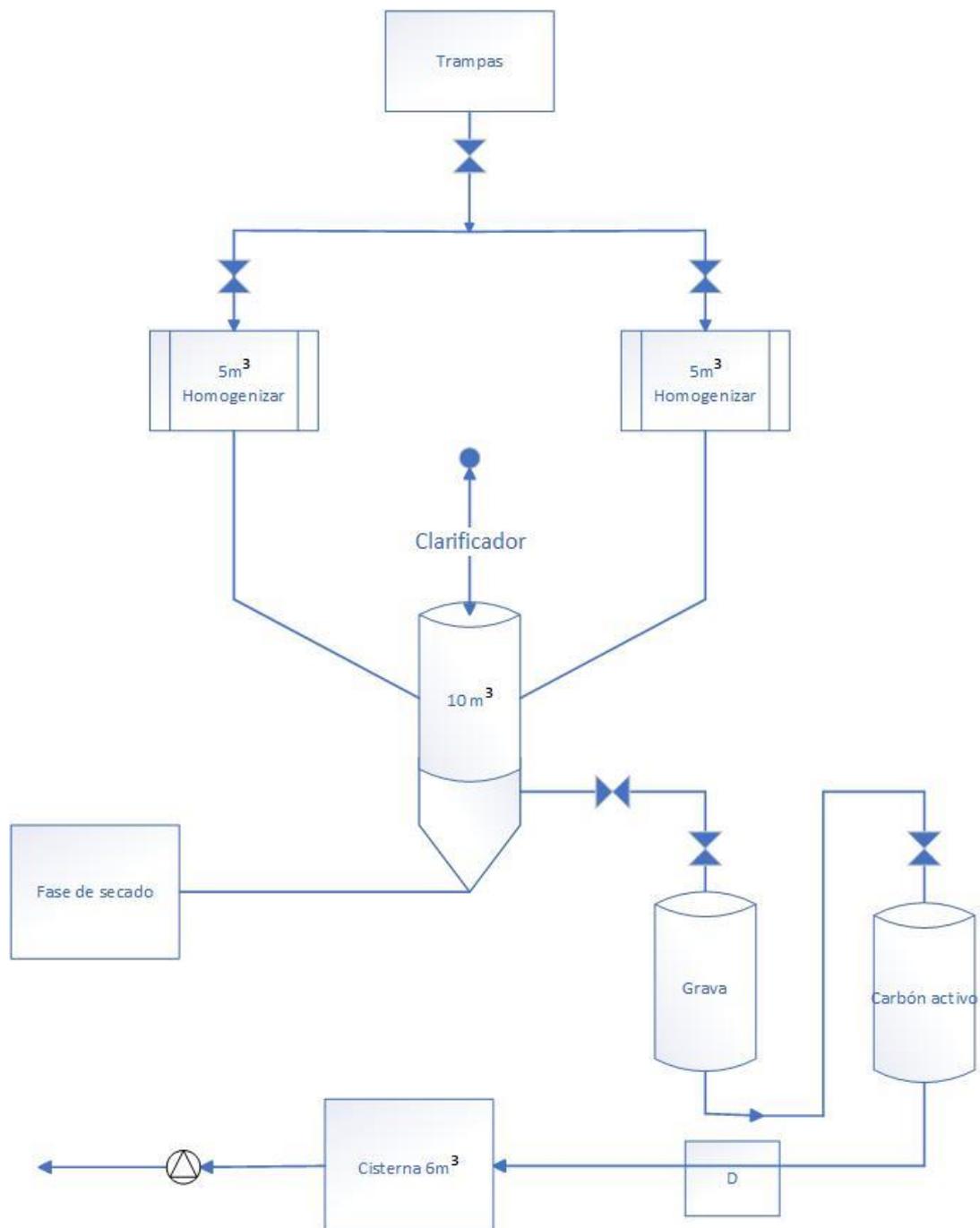


Ilustración 4.3. Sistema de tratamiento propuesto

Elaboración: Cano, Nery (2024)

Fuente: Cano, Nery (2024)

4.3.1.1 Trampas de retención de grasa

Las trampas de retención de grasas al momento ya existen y tienen una capacidad de remoción muy buena tanto de sólidos gruesos como de las grasas existentes y cuentan con una capacidad de 10 metros cúbicos.

4.3.1.2 Homogenizadores

Los homogenizadores tienen la función de realizar el pretratamiento para ajustar las características de caudal, pH y para almacenar el agua generada previo al proceso de clarificación, permite absorber las puntas de caudal y de contaminación.

4.3.1.3 Clarificador

El clarificador tendrá una capacidad de 10 metros cúbicos y contará con un motor reductor para realizar los cambios de velocidades y será construido en material plástico con una estructura de metal. Corresponde al lugar se elimina el aire y se aporta el floculante necesario para acelerar el efecto de sedimentación.

4.3.1.4 Filtros

Los filtros serán dos, los mismos que están conectados en línea uno a continuación del otro, tendrán una capacidad individual de 2.5 m³/hr , el uno será de grava y arena y el otro de carbón activo para la eliminación de color, olor. Los filtros tienen la opción de retro lavado para realizar la limpieza.

4.3.1.5 Deshidratador de lodos

La corriente de lodos pasará a un deshidratador que tendrá la función de eliminar el agua que está presente, el equipo propuesto tendrá una capacidad de 2.5 m³/hr, cuyas características serán las siguientes.

- Eficiencia y Conservación Energética
- Adecuado para cualquier tipo de lodo, incluso para deshidratar lodos ricos en aceite/grasa.
- Costos mínimos de mantenimiento y operación.
- Bajo costo de personal de mantenimiento.
- Mínima contaminación del filtrado secundario y fácil mantenimiento.

4.3.1.6 Cisterna de almacenamiento

La cisterna de almacenamiento tendrá una capacidad de 60 metros cúbicos de almacenamiento cuyas dimensiones serán de 5 de ancho, 4 de largo y 3 metros de profundidad. En este reservorio se realizará también el proceso de desinfección con cloro para prevenir la contaminación, puede ser construida con hormigón, con una membrana de PVC para dar estabilidad y estanqueidad.

4.4 Presupuesto de la propuesta

Se realizó la estimación de los valores para el montaje y funcionamiento del sistema de tratamiento propuesto, utilizando para la operación el estado de 1609.00 m³/mes para el costo de funcionamiento del sistema por mes, dando los valores descritos en la Tabla 4.8.

Tabla 4.9. Presupuesto de montaje y operación del sistema propuesto

Cantidad	Detalle	Valor unitario	Valor total
Montaje			\$7,000.00
2	Homogenizadores	\$1,00.00	\$2,000.00
1	Tanque de precipitación	\$2,000.00	\$2,000.00
2	Filtros	\$500.00	\$1,000.00
1	Cisterna de almacenamiento	\$2,000.00	\$2,000.00
1	Deshidratador de lodos	\$500.00	\$500.00
Operación / mes			\$578.00
6	Sulfato de aluminio (saco 25 Kg)	\$23.00	\$138.00
16	Carbonato de calcio (saco 25 Kg)	\$15.00	\$240.00
20	Floculante (1 l)	\$10.00	\$200.00

Elaboración: Cano, Nery (2024)

Fuente: Cano, Nery (2024)

Considerando que el agua se aprovechará para el riego de áreas verdes del centro comercial y que el costo de montaje alcanza un costo de \$7,000.00 y de operación por mes es de \$578.00, es viable que el proyecto se ejecute y que el centro comercial busque alternativas para abastecer a zonas aledañas con agua para riego de sus áreas verdes.

4.5 Comprobación de Hipótesis

- A partir de la caracterización realizada en la presente investigación se pudo determinar el incumplimiento de los límites de descarga a un sistema de alcantarillado, por lo que se puede definir que “La caracterización de aguas residuales domésticas mediante ensayos físicos, químicos y microbiológicos permitió precisar la calidad del agua de la unidad de análisis.
- El p-valor es menor al nivel de significancia (0.05) en la comparación entre la muestra testigo y la mejor filtrada por lo que se rechaza la hipótesis nula y se asume que “Existen diferencias significativas en las eficiencias de los tratamientos aplicados en las pruebas de tratabilidad mediante ensayos experimentales en el laboratorio”.

- Considerando las mediciones de caudal realizadas, se logró realizar el costo de ejecución del proyecto por lo que se acepta la hipótesis nula considerando que “La elaboración de un presupuesto del costo del proyecto permitió establecer la viabilidad técnica financiera del tratamiento propuesto”.

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- El efluente del centro comercial, con el sistema actual empleado únicamente cumple con los límites de descarga a un sistema de alcantarillado descritos en la Tabla 8 del Anexo 1 del Acuerdo Ministerial 097A del Ministerio de Ambiente (2017) en los parámetros de Potencial de Hidrógeno, Temperatura y Sólidos Totales.
- El efluente del mejor tratamiento filtrado cumplió con los todos los limites permisibles de descarga a un sistema de alcantarillado descritos en la Tabla 8 del Anexo 1 del Acuerdo Ministerial 097A del Ministerio de Ambiente (2017), teniendo estas diferencias significativas con las muestras restantes evaluadas.
- La caracterización de efluentes de cualquier actividad económica permite realizar la propuesta de sistemas de aprovechamiento de aguas residuales que se adapten a sus necesidades, abriendo la oportunidad de nuevos mercados y la diversificación de la economía local.

5.2 Recomendaciones

- Analizar la aplicación de una caracterización de efluentes a todas las actividades económicas de mayor impacto en la ciudad de Guayaquil, con el fin de definir posibles opciones de tratamiento y aprovechamiento de aguas residuales.
- Efectuar a través de programas de vinculación con la comunidad el seguimiento del cumplimiento de los límites de descarga a un sistema de alcantarillado de las actividades económicas de mayor impacto en la ciudad de Guayaquil.

- Realizar un análisis exhaustivo de los parámetros del nivel de calidad de agua para riego de la Tabla 4 del Anexo 1 del Acuerdo Ministerial 097A del Ministerio de Ambiente (2017), con el fin de determinar la viabilidad de aplicación del efluente tratado como agua de riego agrícola.

6 Bibliografía

- Abreu, R., Perozo, J., Martínez, C., & Morán, H. (2016). Tratamiento de aguas residuales fenólicas de refinería por métodos electroquímicos. *Multiciencias*, 16(3), 239-247.
- AMP Mineral. (Noviembre de 2019). *Clarificadores / Espesadores Hydrosilt*. Obtenido de <https://ampmineral.com/eq/clarificadores-espesadores-hydrosilt/>
- ASTM D2035-19. (2019). *Standard Practice for Coagulation-Flocculation Jar Test of Water*.
- Briones, A., Heras, J., & Heras, V. (2021). Transformaciones sociales y urbanas del entorno de los mercados del centro histórico de Cuenca. Mercado 9 de octubre y mercado 10 de agosto. *Urbano*, 24(44), 20-33.
doi:<https://doi.org/10.22320/07183607.2021.24.44.02>
- Carmona, P. (2019). *Estudio de la presencia, ocurrencia y destino final, de un compuesto farmacéutico (amoxicilina) en una planta de tratamiento de agua residual institucional educativa*. Bucaramanga, Colombia: Universidad Pontificia Bolivariana.
- Carreño, Á., Lucas, L., Hurtado, E., Barrios, R., & Acuña, R. (2019). Características socioeconómicas y problemas sanitarios asociados a la calidad del agua en las comunidades de Balsa en medio, Julián y Severino del Ecuador. *Revista Ciencia Unemi*, 12(30), 23-34. doi:<http://dx.doi.org/10.29076/issn.2528-7737vol12iss30.2019pp23-34p>
- Carreño, C., & Alfonso, W. H. (2018). Relación entre los procesos de urbanización, el comercio internacional y su incidencia en la sostenibilidad urbana . *Cuadernos de Vivienda y Urbanismo*, 11(22), 1-29. doi:<https://doi.org/10.11144/Javeriana.cvu11-21.rpuc>
- Carreño, U. F., & Méndez, J. A. (2011). Estimación de la confiabilidad de las plantas de tratamiento de aguas residuales que operan con lagunas de estabilización en la cuenca alta y media del Río Bogotá. *Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente*(10), 55-64.
- Castro, H., Torres, D., & Gallardo, N. J. (2020). Análisis de la intervención antrópica en cuerpos de agua: caso caño Banderas, en el municipio Puerto López (Meta, Colombia). *24(65)*, 77-84. doi:<https://doi.org/10.14483/22487638.15772>
- Cavallini, J. (2011). *Estudio de opciones de tratamiento y reuso de aguas residuales en Lima metropolitana*. Obtenido de <http://www.lima-water.de/>
- Charles, K., Ashbolt, N., Roser, D., McGuinness, R., & Deere, D. (2005). Effluent quality from 200 on site sewage systems: design values for guidelines . *Water Science and Technology*, 51(10), 163-169.
- Cordillera Products. (Septiembre de 2018). *PERMAFLEX TANQUE AP*. Obtenido de <https://cordilleraproducts.com.ec/products/permaflex-tanque-ap>

- Dirección de Ambiente y Preservación de Áreas Verdes . (2023). *Guía para ejecución de monitoreos de aguas residuales industriales de la*. Guayaquil: Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Guayaquil.
- Duque, P., Heras, C., Lojano, D., & Vilorio, T. (2018). Modelamiento del tratamiento biológico de aguas residuales; estudio en planta piloto de contactores biológicos rotatorios. *Revista Ciencia Unemi*, 11(28), 88-96.
doi:<http://dx.doi.org/10.29076/issn.2528-7737vol11iss28.2018pp88-96p>
- Ecowatertechs. (7 de Marzo de 2022). *Screw Press Dehydrator For Wastewater*. Obtenido de <https://www.eco-watertechs.com/sludge-dewatering-machine/screw-press-dehydrator-for-wastewater.html>
- Filtomat Water System*. (Marzo de 2022). Obtenido de https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.f-w-s.com%2Ffiltros-industriales%2Ffiltro-multimedia%2Ffiltro-arena-agua-solidos.html&psig=AOvVaw0-Rt7DYvZNzdqw-D8DLPMG&ust=1710818621392000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CAUQjB1qFwoTCLi_vOTt_
- Freire, C., Meneses, K., & Cuesta, G. (2021). América Latina: ¿Un paraíso de la contaminación ambiental? *Revista de Ciencias Ambientales*, 55(2), 1-18.
- González, J., Heredia, D. P., & Rodríguez, R. (2019). Bioremediación de hidrocarburos en aguas residuales con cultivo mixto de microorganismos: caso Lubricadora Puyango. *Enfoque UTE*, 10(1), 185-196. doi:<https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v10n1.312>
- Guerrero, L., & Heredia, R. (2021). *Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales y la determinación de las propiedades físico químicas en la población de Uyumbicho Cantón Mejía para su dimensionamiento*. Quito: Universidad Politécnica Salesiana.
- Hernández, W., & Larrota, S. (2018). Evaluación de la eficiencia de los sistemas de tratamiento de aguas residuales en la provincia Comunera, Santander, Colombia. *Revista Dinámica Ambiental*, 2(2), 43-55.
- Kashyap, A. K., & Kumar, A. (2019). Understanding customer perceived mall values: A confirmatory factor analysis approach. *International Journal of Customer Relationship Marketing and Management*, 10(3), 21-34.
doi:<https://doi.org/10.4018/IJCRMM.2019070102>
- Kilic, Z. (2020). The Importance of Water and Conscious Use of Water. *International Journal of Hydrology*, 4(5), 1-3.
- López, M. Á., Castellanos, O. P., Lango, F., Castañeda, M. d., Montoya, J., Sosa, C. A., & Ortiz, B. (2021). Oxidación avanzada como tratamiento alternativo para las aguas residuales. *Una revisión Enfoque UTE*, 12(4), 76-87.
doi:<https://doi.org/10.29019/enfoqueute.769>
- Matsumoto, T., & Sánchez Ortiz, I. A. (2016). Desempeño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de São João de Iracema (Brasil). *Ingeniería*, 21(2), 176-186.

- Ministerio de Ambiente y Agua. (2019). *Reglamento al Código Orgánico de Ambiente*. Quito: Decreto Ejecutivo 752. Registro Oficial Suplemento 507.
- Ministerio del Ambiente. (2017). *Acuerdo Ministerial 097-A, Anexos de Normativa, REFORMA LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE*. Quito: Ley 0. Registro Oficial Suplemento 983.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2017). *Código Orgánico de Ambiente*. Quito, Ecuador.
- Mora, C., Alfaro, C., Pérez, J. P., & Vega, I. (2022). Aporte ambiental de la planta de tratamiento de aguas residuales Los Tajos en la remoción de contaminantes físicoquímicos y microbiológicos. *Uniciencia*, 36(1), 511-527. doi:<https://doi.org/10.15359/ru.36-1.33>
- Morillo, L., Naranjo, D., & Pérez, J. (2019). Remoción de tensoactivos y coliformes en aguas residuales domésticas mediante procesos fenton. *Rev. Int. Contam. Ambie.*, 35(4), 931-943. doi:<https://www.redalyc.org/journal/370/37066309012/>
- Oakley, S. (2018). *Preliminary Treatment and Primary Sedimentation*. Michigan: Unesco.
- OECD. (2017). *Compare your country (Environmentally related taxes)*. Obtenido de <https://www1.compar-eyourcountry.org/environmental-taxes/en/0/182/datatable/>
- Organica. (27 de Junio de 2017). *Primary, secondary and tertiary wastewater treatment: How do they work?* Obtenido de <https://www.organicawater.com/primary-secondary-tertiary-wastewater-treatment-work/>
- Peña, S., Mayorga, J., & Montoya, R. (2018). Propuesta de tratamiento de las aguas residuales de la ciudad de Yaguachi (Ecuador). *Ciencia e Ingeniería*, 39(2), 160-173.
- Propp, V. R., Silva, A. O., Spencer, C., Brown, S. J., Catingan, S. D., Smith, J. E., & Roy, J. W. (2021). Organic contaminants of emerging concern in leachate of historic municipal landfills. 276(4), 116-474. doi:<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.116474>
- Quinteros, J., Gómez, J., Solano, M., Llumiquinga, G., Burgos, C., & Carrera, D. (2019). Evaluación de la calidad de agua para riego y aprovechamiento del recurso hídrico de la quebrada Toglhuayco. *Siembra*, 6(2), 046-057. doi:<https://doi.org/10.29166/siembra.v6i2.1641>
- Rangel, B. C., Oliveira, A. E., Arellano, V. H., & González, C. A. (2019). Nanomateriales celulósicos para la adsorción de contaminantes emergentes. *Tecnura*, 23(62), 13-20. doi:<https://doi.org/10.14483/22487638.15451>
- Remosa. (Octubre de 2022). *Homogeneizador*. Obtenido de <https://www.remosa.net/homogeneizador/>
- Ridzuan, S. (2019). Inequality and the environmental Kuznets curve. *Journal of Cleaner Production*, 228, 1472-1481. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.284>

- Sánchez, R. G., & García, K. J. (2018). Tratamiento de aguas residuales de cargas industriales con oxidación avanzada en sistemas convencionales. *La Granja*, 27(1), 103-111. doi:<https://doi.org/10.17163/lgr.n27.2018.08>
- Solís, Y., Zúñiga, L. A., & Mora, D. (2018). La conductividad como parámetro predictivo de la dureza del agua en pozos y nacientes de Costa Rica. *Tecnología en Marcha*, 31(1), 35-46. doi:10.18845/tm.v31i1.3495
- Terneus, E., & Yáñez, P. (2018). Principios fundamentales en torno a la calidad del agua, el uso de bioindicadores acuáticos y la restauración ecológica fluvial en Ecuador. *La Granja*, 27(1), 36-50. doi:<https://doi.org/10.17163/lgr.n27.2018.03>
- UNEPGEC. (2004). *Water and Wastewater Reuse: An Environmentally Sound Approach for Sustainable Urban Water Management*. Osaka, Japan: United Nations Environment Programme and Global Environment Centre Foundatio.
- Vidales, A., Leos, M. Y., & Campos, M. G. (2010). Extracción de Grasas y Aceites en los Efluentes de una Industria Automotriz. *Conciencia Tecnológica*(40), 29-34.
- Zazo, A., & López, M. (2018). El hábitat sustentable de los mercados urbanos históricos. Aplicación del concepto al mercado central de Concepción, Chile. *Revista Hábitat Sustentable*, 8(2), 8-19. doi:<https://doi.org/10.22320/07190700>

Anexos

6.1 Medición de Oxígeno Disuelto



Registro Fotográfico No. 1

6.2 Calibración de equipo de pH



Registro Fotográfico No. 2

6.3 Medición de pH.



Registro Fotográfico No. 3

6.4 Resultado de medición de pH.



Registro Fotográfico No. 4

6.5 Medición de color



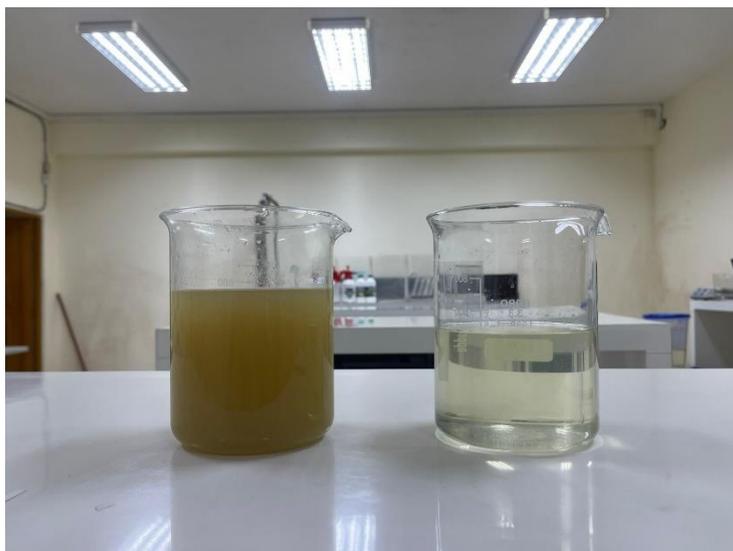
Registro Fotográfico No. 5

6.6 Ejecución del test de jarras



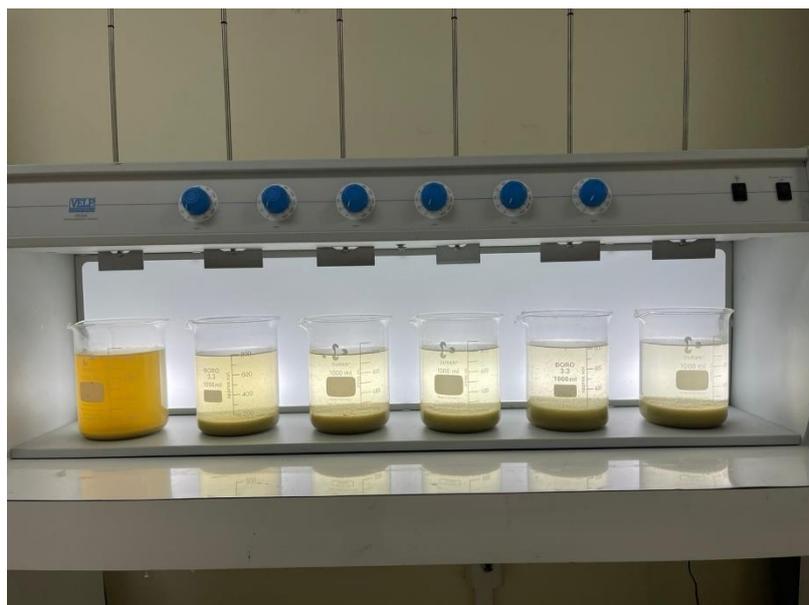
Registro Fotográfico No. 6

6.7 Comparación de Test de Jarras y mejor muestra filtrada.



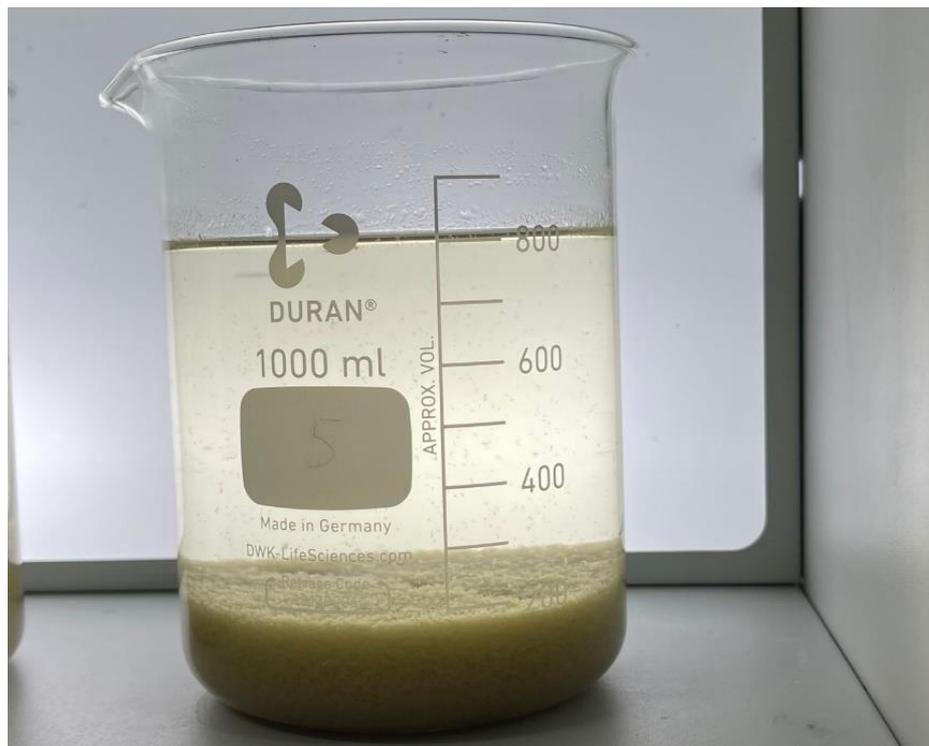
Registro Fotográfico No. 7

6.8 Comparación Test de jarras



Registro Fotográfico No. 8

6.9 Floculación de muestra



Registro Fotográfico No. 9

6.10 Trampa de grasas comedores



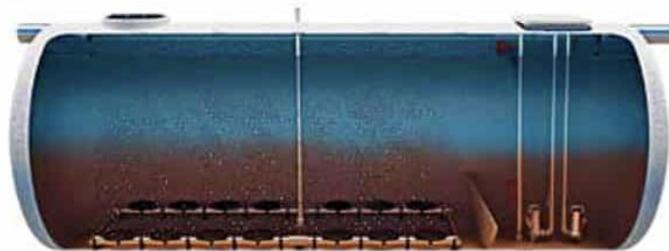
Registro Fotográfico No. 10

6.11 Comprobación de la hipótesis

Clasific	Variable	Grupo 1	Grupo 2	n(1)	n(2)	Media(1)	Media(2)	Media(1)-MeLI(95)	LS(95)	Var(1)	Var(2)	pHomVar	T	p-valor	p	
Tratamien	Resultado	{Mejor}	{Mejor filtra	7	7	0,33	0,59	-0,27	-0,82	0,29	0,29	0,16	0,4696	-1,05	0,3163	B
Tratamien	Resultado	{Mejor}	{Testigo}	7	7	0,33	0,01	0,32	-0,18	0,82	0,29	1,9E-04	<0,0001	1,55	0,1724	B
Tratamien	Resultado	{Mejor filtrada}	{Testigo}	7	7	0,59	0,01	0,58	0,22	0,95	0,16	1,9E-04	<0,0001	3,88	0,0082	B

Registro fotográfico No. 11

6.12 Homogenizador



Registro fotográfico No. 12

6.13 Clarificador



Registro fotográfico No. 13

6.14 Filtros de arena y grava



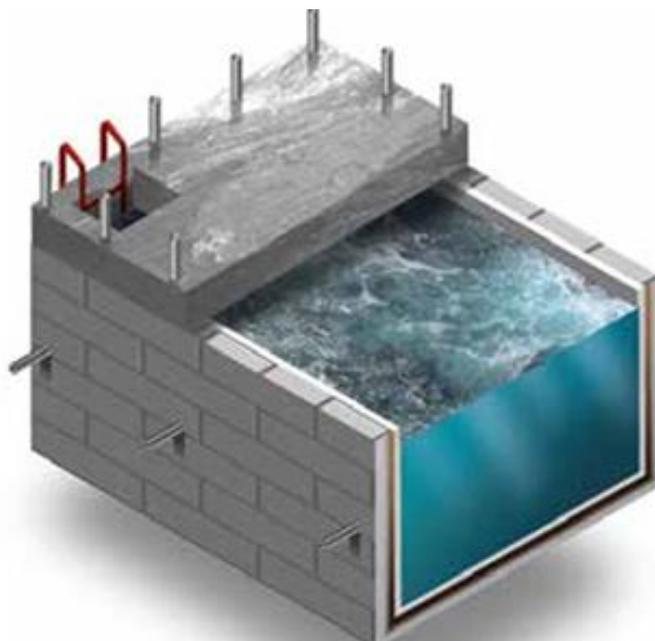
Registro fotográfico No. 14

6.15 Deshidratador de lodos



Registro fotográfico No. 15

6.16 Cisterna de almacenamiento de efluentes



Registro fotográfico No. 16

6.17 Límites de descarga al sistema de alcantarillado público

TABLA 8. LÍMITES DE DESCARGA AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PÚBLICO

Parámetros	Expresado como	Unidad	Limite máximo permisible
Aceites y grasas	Sust. solubles en hexano	mg/l	70,0
Explosivos o inflamables	Sustancias	mg/l	Cero
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN	mg/l	1,0
Ci nc	Zn	mg/l	10,0
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo	mg/l	0,1
Cobalto total	Co	mg/l	0,5
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,2
Compuestos organoclorados	Organoclorados totales	mg/l	0,05
Cromo Hexavalente	Cr ⁶⁺	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	250,0
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	500,0
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1,0
Fósforo Total	P	mg/l	15,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20,0
Hierro total	Fe	mg/l	25,0
Mangane so total	Mn	mg/l	10,0
Me rcuri o (total)	Hg	mg/l	0,01
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno Total Kje dahl	N	mg/l	60,0
Organofosforados	Especies Totales	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,5
Plomo	Pb	mg/l	0,5
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Selenio	Se	mg/l	0,5
Sólidos Sedimentables	SD	ml/l	20,0
Sólidos Suspendidos Total e s	SST	mg/l	220,0
Sólidos totales	ST	mg/l	1 600,0
Sulfatos	SO ₄ ²⁻	mg/l	400,0
Sulfuros	S	mg/l	1,0
Temperatura	°C		< 40,0
Tensoactivos	Sustancias Activas al azul de metileno	mg/l	2,0
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/l	1,0