



UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CUENCA

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERIA, INDUSTRIA
Y CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENEIRÍA AMBIENTAL

**EVALUACIÓN DE GRASAS Y ACEITES EN AGUAS
RESIDUALES DE LAVADORA DE VEHÍCULOS “TEAM WASH”
MEDIANTE FILTRADO A BASE DE HOJA DE MAÍZ.**

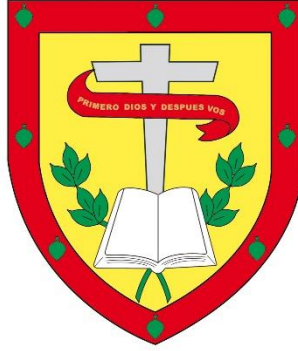
AUTOR: MARIO GONZALO ORTIZ ESPINOSA

DIRECTOR: DR. SERGIO FERNANDO IGLESIAS ABAD, PH.D.

CUENCA - ECUADOR

2024

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA
Y CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**EVALUACIÓN DE GRASAS Y ACEITES EN AGUAS
RESIDUALES DE LAVADORA DE VEHÍCULOS "TEAM WASH"
MEDIANTE FILTRADO A BASE DE HOJA DE MAÍZ**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL**

AUTOR: MARIO GONZALO ORTIZ ESPINOSA

DIRECTOR: DR. SERGIO FERNANDO IGLESIAS ABAD, PH.D.

CUENCA - ECUADOR

2024

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO

DECLARATORIA DE AUTORÍA Y RESPONSABILIDAD

Mario Gonzalo Ortiz Espinosa portador de la cédula de ciudadanía N° 0105532774. Declaro ser el autor de la obra: "Evaluación de grasas y aceites en aguas residuales de lavadora de vehículos "TEAM WASH" mediante filtrado a base de hoja de maíz", sobre la cual me hago responsable sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaro que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximo a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaro finalmente que mi obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también me responsabilizo y eximo a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Cuenca, 07 de febrero de 2024



F:

Mario Gonzalo Ortiz Espinosa

0105532774

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Mario Gonzalo Ortiz Espinosa, bajo mi supervisión.



Dr. Sergio Fernando Iglesias Abad Ph.D

DIRECTOR

DEDICATORIA

A mi madre, la mujer que iluminó mi camino con su amor incondicional y fortaleza indomable, fuente inagotable de inspiración y apoyo constante. Tu sacrificio, paciencia y valentía han sido el faro a lo largo de esta travesía académica.

En cada página de este trabajo, reflejo no solo mis logros, sino también la influencia positiva de tus enseñanzas y valores. Tu presencia ha sido mi mayor motivación, tu capacidad para ver lo mejor en mí, incluso cuando yo dudaba, ha sido un recordatorio constante de mi potencial.

Esta tesis no solo representa mi esfuerzo, sino también el reflejo de la dedicación y sacrificios compartidos.

Gracias por ser mi mayor defensora, confidente y modelo a seguir.

Con todo mi amor y agradecimiento.

AGRADECIMIENTOS

Quisiera expresar mi gratitud a mi familia por su apoyo y comprensión constante que recibí a lo largo de este arduo proceso.

Mi reconocimiento especial a mis maestros de carrera quienes dejaron una huella grande en mi formación académica.

RESUMEN

En el presente estudio se analizaron muestras de agua residual provenientes de la empresa "Team Wash" de lavado de vehículos, se midieron los parámetros físico químicos: Demanda Química de Oxígeno (DQO), grasas y aceites, y se comparó las muestras de agua sin tratar (T0) con las muestras de los tratamientos de filtrado a base de hoja de maíz, filtrado rápido (T1) con un tiempo de retención de 1 minuto y filtrado lento (T2) con un tiempo de retención de 60 minutos, este último remueve hasta un 80% de las grasas y aceites, por otra parte, posterior al filtrado rápido y lento, la concentración de DQO aumenta entre 9802 mg/L y >15000 mg/L, siendo 500 mg/L la concentración máxima permisible para una descarga hacia el alcantarillado público en el Ecuador. Estas muestras fueron recogidas con el consentimiento de la empresa y evaluadas en 5 ensayos, para cada día de ensayo se recogieron 3 litros, los análisis fueron realizados en el laboratorio de Ingeniería Ambiental del Centro de investigación y transferencia tecnológica (CITT) de la Universidad Católica de Cuenca, donde se evidenció que existe una considerable reducción en la concentración de grasas y aceites con la aplicación de los tratamientos.

Palabras clave: aguas residuales, grasas y aceites, DQO, filtrado, hoja de maíz.

ABSTRACT

This study analyzed wastewater samples from the "Team Wash" vehicle washing company. Physicochemical parameters were measured, including Chemical Oxygen Demand (COD), fats, and oils. Samples of untreated water (T0) were compared with samples treated with corn leaf-based filtration, rapid filtration (T1) with a retention time of 1 minute, and slow filtration (T2) with a retention time of 60 minutes. The latter removes up to 80% of fats and oils. However, after rapid and slow filtration, the COD concentration increased between 9802 mg/L and >15000 mg/L, with 500 mg/L being the maximum permissible concentration for discharge into public sewers in Ecuador. These samples were collected with the company's consent and evaluated in 5 trials. For each trial day, 3 liters were collected. The analyses were conducted at the Environmental Engineering Laboratory of the Center for Research and Technological Transfer (CITT by its Spanish acronym) at the Catholic University of Cuenca. The results showed a significant reduction in the concentration of fats and oils with the application of the treatments.

Keywords: wastewater, fats and oils, COD, filtrate, corn leaf.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN	- 4 -
DEDICATORIA	- 5 -
AGRADECIMIENTOS	- 6 -
RESUMEN	- 7 -
ABSTRACT	- 8 -
ÍNDICE DE CONTENIDOS	- 9 -
LISTA DE FIGURAS	- 11 -
LISTA DE TABLAS	- 12 -
LISTA DE ANEXOS	- 13 -
CAPÍTULO I	- 14 -
1. INTRODUCCIÓN	- 14 -
1.1 JUSTIFICACIÓN TEÓRICA	- 15 -
1.2 OBJETIVOS	- 16 -
1.2.1 <i>Objetivo general:</i>	- 16 -
1.2.2 <i>Objetivos específicos:</i>	- 16 -
CAPÍTULO II	- 17 -
2. REVISIÓN DE LITERATURA	- 17 -
2.1 ANTECEDENTES	- 17 -
2.2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS	- 18 -
2.2.1 <i>Aguas residuales</i>	- 18 -
2.2.2 <i>Grasas y aceites</i>	- 19 -
2.2.3 <i>Métodos de tratamiento de aguas residuales</i>	- 19 -
2.2.4 <i>Aguas residuales de las lavadoras de vehículos</i>	- 21 -
2.2.5 <i>Tratamiento de las aguas residuales para lavado de autos</i>	- 23 -
2.2.6 <i>Adsorción</i>	- 25 -
2.2.7 <i>Bioadsorbentes</i>	- 26 -
2.2.8 <i>Residuos orgánicos</i>	- 26 -
2.2.9 <i>Hoja de maíz</i>	- 27 -
2.2.10 <i>Propuesta de plan de difusión ambiental</i>	- 28 -
2.2.11 <i>Marco Legal</i>	- 28 -
CAPITULO III	- 33 -
3. MATERIALES Y MÉTODOS	- 33 -
3.1 ZONA DE ESTUDIO	- 33 -
3.2 TRABAJO DE CAMPO	- 35 -
3.2.1 <i>Variables</i>	- 35 -
3.2.2 <i>Sistemas de filtrado</i>	- 35 -
3.2.3 <i>Toma de muestras</i>	- 36 -
3.2.4 <i>Análisis físico químico</i>	- 36 -
3.2.5 <i>Materiales:</i>	- 40 -
3.2.6 <i>Equipos</i>	- 40 -
3.2.7 <i>Tratamientos</i>	- 41 -
3.2.8 <i>Plan de difusión ambiental</i>	- 42 -

CAPITULO IV	- 43 -
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	- 43 -
4.1 EVALUACIÓN DE PARÁMETROS DÍA 1	- 43 -
4.2 EVALUACIÓN DE PARÁMETROS DÍA 2	- 44 -
4.3 EVALUACIÓN DE PARÁMETROS DÍA 3	- 45 -
4.4 EVALUACIÓN DE PARÁMETROS DIA 4	- 46 -
4.5 EVALUACIÓN DE PARÁMETROS DÍA 5	- 47 -
4.1 TRATAMIENTO CON MEJORES RESULTADOS	- 48 -
4.2 ANÁLISIS DE PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS	- 49 -
4.2.1 <i>Demanda química de oxígeno</i>	- 49 -
4.2.2 <i>Grasas y aceites</i>	- 51 -
4.3 PLAN DE DIFUSIÓN AMBIENTAL	- 52 -
CAPÍTULO V	- 54 -
5. CONCLUSIONES	- 54 -
CAPÍTULO VI	- 55 -
6. RECOMENDACIONES	- 55 -
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	- 56 -
ANEXOS	- 60 -

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Límites de descarga al sistema de alcantarillado público.....	- 22 -
Figura 2 Imagen satelital del sitio.....	- 33 -
Figura 3 Exterior del sitio.....	- 33 -
Figura 4 Equipo Soxhlet para la determinación de grasas y aceites.....	- 37 -
Figura 5 Peso inicial de muestra T0 día 2.....	- 37 -
Figura 6 Peso final de muestra T0 día 2.....	- 37 -
Figura 7 Muestras en Termo reactor.....	- 39 -
Figura 8 Muestra en espectrofotómetro.....	- 39 -
Figura 9 T1 filtrado rápido.....	- 41 -
Figura 10 T2 filtrado lento.....	- 41 -
Figura 11 Resultados Día 1 Parámetro: grasas y aceites.....	- 43 -
Figura 12 Resultados Día 2 Parámetro: grasas y aceites.....	- 44 -
Figura 13 Resultados Día 3 Parámetro: grasas y aceites.....	- 45 -
Figura 14 Resultados Día 4 Parámetro: grasas y aceites.....	- 46 -
Figura 15 Resultados Día 5 Parámetro: grasas y aceites.....	- 47 -
Figura 16 Muestras DQO.....	- 49 -
Figura 17 Resultados DQO.....	- 50 -
Figura 18 Caracterización de muestra de agua sin tratar.....	- 50 -
Figura 19 Muestra de agua filtrada a base de corteza de naranja.....	- 50 -
Figura 20 Calidad del efluente de lavado de vehículos antes y después del tratamiento.....	- 51 -

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Ubicación del punto de muestreo	- 34 -
Tabla 2 Sistema de filtrado lento	- 35 -
Tabla 3 Sistema de filtrado rápido	- 35 -
Tabla 4 Peso de vasos para análisis de grasas y aceites.....	- 38 -
Tabla 5 Lista de equipos.....	- 40 -
Tabla 6 Concentración de contaminantes día 1	- 43 -
Tabla 7 Concentración de contaminantes día 2	- 44 -
Tabla 8 Concentración de contaminantes día 3.....	- 45 -
Tabla 9 Concentración de contaminantes día 4.....	- 46 -
Tabla 10 Concentración de contaminantes día 5.....	- 47 -
Tabla 11 Tratamiento con mejores resultados	- 48 -
Tabla 12 Resumen de resultados.....	- 48 -
Tabla 13 Resultados DQO.....	- 49 -
Tabla 14 Resumen de resultados de filtrado a base de hoja de maíz.	- 51 -
Tabla 15 Plan de difusión ambiental.....	- 53 -

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1 Recolección de muestra.....	- 60 -
Anexo 2 Recolección de muestra.....	- 60 -
Anexo 3 Hoja de maíz triturada.....	- 61 -
Anexo 4 T1 tratamiento de filtrado rápido.....	- 61 -
Anexo 5 T2 tratamiento de filtrado lento.....	- 61 -
Anexo 6 Pesado de vasos T0.....	- 62 -
Anexo 7 Pesado de vasos T1.....	- 62 -
Anexo 8 Pesado de vasos T2.....	- 63 -
Anexo 9 Análisis en espectrofotómetro T0.....	- 63 -
Anexo 10 Análisis de DQO en espectrofotómetro T1 y T2.....	- 64 -
Anexo 11 Muestras en Termo reactor.....	- 64 -
Anexo 13 Pesado de vasos T0.....	- 65 -
Anexo 14 Pesado de vasos T1.....	- 65 -
Anexo 15 Pesado de vasos T2.....	- 66 -
Anexo 16 Análisis en Espectrofotómetro T0.....	- 66 -
Anexo 17 Análisis de DQO en espectrofotómetro T1 y T2.....	- 67 -
Anexo 18 Pesado de vasos T0.....	- 67 -
Anexo 19 Pesado de vasos T1.....	- 68 -
Anexo 20 Pesado de vasos T2.....	- 68 -
Anexo 21 Análisis en espectrofotómetro T0.....	- 69 -
Anexo 22 Análisis de DQO en espectrofotómetro T1 y T2.....	- 69 -
Anexo 23 Pesado de vasos T0.....	- 70 -
Anexo 24 Pesado de vasos T1.....	- 70 -
Anexo 25 Pesado de vasos T2.....	- 71 -
Anexo 26 Análisis en espectrofotómetro T0.....	- 71 -
Anexo 27 Análisis de DQO en espectrofotómetro T1 y T2.....	- 72 -
Anexo 28 Pesado de vasos T0.....	- 72 -
Anexo 29 Pesado de vasos T1.....	- 73 -
Anexo 30 Pesado de vasos T2.....	- 73 -
Anexo 31 Análisis en espectrofotómetro T0.....	- 74 -
Anexo 32 Análisis de DQO en espectrofotómetro T1 y T2.....	- 74 -

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

Los desafíos que plantean la escasez de agua y las crecientes demandas llevan a muchos países a considerar la reutilización del agua, ya que el desarrollo sostenible de las ciudades depende fundamentalmente de la disponibilidad de agua (Sokolowska et al., 2020). La recuperación de agua, utilizada como sinónimo de reciclaje de agua, es el proceso de tratamiento de aguas residuales para permitir su reutilización satisfaciendo criterios de calidad del agua adecuados para su propósito (Saurí & Arahuetes, 2019).

Alrededor del 80% del total de aguas residuales del mundo se vierten directamente al ambiente sin ningún tratamiento. A principios de siglo, el volumen estimado de reutilización de aguas residuales era menos del 1% de la extracción total de agua del mundo; actualmente, y liderados por China, Israel y algunos países europeos, alrededor del 5% de las aguas residuales tratadas a nivel mundial se reutilizan en agricultura y para aplicaciones industriales (Canales et al., 2021).

En este contexto, las aguas residuales de lavado de autos se refieren a los efluentes de estaciones, garajes y bahías que brindan servicios de lavado y limpieza a los usuarios de vehículos (Mallick & Chakraborty, 2018). Las prácticas de lavado utilizan grandes cantidades de detergentes, jabones y productos químicos para eliminar las partículas adheridas a la superficie del automóvil (Tony & Lin, 2020). Esta materia puede incluir polvo, arena, suciedad y barro, lo que aumenta los contaminantes sólidos y coloidales en los efluentes de lavado de autos (Davarnejad et al., 2019).

Los efluentes de lavado de automóviles pueden transportar grasas, aceites, residuos de hidrocarburos de petróleo, metales pesados, que se liberan principalmente de los neumáticos, piezas del motor y conexiones, por lo que, los compuestos químicos de estas aguas son responsables de elevar la contaminación orgánica e inorgánica en los ecosistemas acuáticos, lo que requiere un estudio exhaustivo para desarrollar estrategias apropiadas de gestión de las aguas residuales de lavado de autos (Fayed et al., 2023).

Varios problemas ambientales, incluida la degradación del hábitat marino, la pérdida de biodiversidad, la eutrofización, la acumulación de metales en la cadena alimentaria y las alteraciones en el equilibrio ecológico, se han asociado con la descarga no gestionada de aguas residuales provenientes de lavadores de autos (Susaj et al., 2023). Por ejemplo, un nivel elevado de la demanda química de oxígeno (DQO) en estas aguas residuales, es responsable del agotamiento del oxígeno disuelto (OD) de los cuerpos de agua, lo que afecta negativamente a la vida acuática, el agua potable y las prácticas agrícolas. El aceite y la grasa contenidos también son responsables de obstruir los sistemas de alcantarillado, formando una capa gruesa y densa sobre los cuerpos de agua y dañando la vida acuática, con impactos duraderos. Como los surfactantes que son anfifílicos, pueden formar espumas en la superficie de los ríos y reducir la difusión de oxígeno en el agua. Estos contaminantes pueden dañar los huevos, el hígado y los músculos de los peces y obstaculizar el crecimiento de animales y plantas en los cuerpos de agua receptores (Ganiyu et al., 2019).

Debido a estos impactos negativos en los ambientes acuáticos y terrestres, se han establecido regulaciones y directrices internacionales con el fin de mantener las concentraciones de contaminantes al límite máximo permitido. En consecuencia, se han investigado varios métodos fisicoquímicos y biológicos para tratar las aguas residuales de lavado de autos antes de su descarga en sistemas de alcantarillado o cuerpos de agua (Veréb et al., 2019). Estos tratamientos generalmente involucran el proceso de coagulación/floculación utilizando coagulantes inorgánicos, que a veces se combina con otros procesos como adsorción. Sin embargo, en su mayoría generan grandes cantidades de lodos de depuradora que podrían suponer graves cargas para el medio ambiente (suelo y aguas subterráneas) (Teresinha et al., 2020). Por lo que, es necesario explorar alternativas más sostenibles y económicas para el tratamiento de aguas residuales en la industria

del lavado de vehículos, destacando que, la utilización de la hoja de maíz como medio absorbente de grasas en aguas residuales, puede ser una alternativa económica, además, se ha evidenciado que la hoja de maíz es de utilidad en la industria (Villota, 2015).

En este contexto, en la ciudad de Cuenca, Ecuador, la contaminación del agua se debe a las descargas de aguas residuales sanitarias e industriales, así como a los factores naturales como la escorrentía y la erosión (Pauta et al., 2019). Las lavadoras y lubricadoras de vehículos generan grandes cantidades de aguas contaminadas con aceites, grasas, metales pesados y otros químicos, lo que representa un problema tanto para la salud humana como para el ambiente. La eliminación inadecuada de estas aguas residuales está contaminando el suelo y los cuerpos de agua, agravando aún más la situación (Murillo, 2020).

Por lo que, el tratamiento adecuado de las aguas residuales de lavado y lubricado de vehículos es crucial para minimizar su impacto negativo en el ambiente y en la calidad del agua. La presencia de grasas y aceites en estas aguas residuales puede dificultar el proceso de tratamiento biológico utilizado en las plantas de tratamiento de aguas residuales, lo que requiere medidas adicionales para eliminar los contaminantes (Canales et al., 2021).

1.1 Justificación teórica

La investigación se centra en abordar la problemática de determinar la efectividad de la retención de grasas y aceites en medio filtrante a base de hoja de maíz en aguas residuales producidas por la lavadora de vehículos "TEAM WASH" en Cuenca durante el tercer trimestre de 2023. Este problema es de suma importancia debido a su impacto ambiental y las implicaciones legales que conlleva. La presencia de grasas y aceites en aguas residuales puede causar daños significativos en los cuerpos de agua y los ecosistemas acuáticos, además de obstruir sistemas de alcantarillado. Además, el incumplimiento de las regulaciones ambientales puede resultar en sanciones legales y multas para las empresas, lo que subraya la importancia de encontrar soluciones efectivas.

En este contexto, la investigación busca evaluar la eficacia del filtrado a base de hoja de maíz como una posible solución para retener estas sustancias en el agua residual de la lavadora. Este enfoque representa una innovación tecnológica que puede contribuir a la sostenibilidad de las operaciones de la empresa. Además, se destaca la falta de conocimiento científico sólido en esta área, lo que resalta la importancia de llevar a cabo esta investigación.

En general, la utilización de la hoja de maíz como medio absorbente en el tratamiento de las aguas residuales puede representar una solución viable y amigable, esta alternativa tiene el potencial de mejorar la calidad de la descarga final al retener eficazmente grasas y aceites, reduciendo así la concentración del contaminante, lo cual no solo beneficia al ambiente, sino que también puede resultar en ahorros económicos significativos para las empresas involucradas en el lavado de vehículos. Por lo que, la presente investigación busca evaluar la viabilidad y la efectividad de esta alternativa, contribuyendo así al desarrollo de soluciones más respetuosas con el ambiente en el tratamiento de aguas residuales industriales.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general:

Evaluar grasas y aceites de aguas residuales producidas en una lavadora de vehículos mediante una caracterización previa y posterior a un filtrado a base de hoja de maíz.

1.2.2 Objetivos específicos:

- Caracterizar mediante análisis físico – químico las muestras de agua recogidas previas y posteriores al filtrado para analizar la concentración de aceites y grasas.
- Determinar la efectividad de remoción, de acuerdo a las dosis aplicadas a dos tratamientos: uno de filtrado rápido y otro de filtrado lento.
- Proponer un plan de difusión ambiental con el tratamiento más eficiente.

CAPÍTULO II

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Antecedentes

Entre los antecedentes de estudio, se tiene la investigación de (Oghenekome & Ovie, 2020) cuyo objetivo fue desarrollar un proceso de tratamiento simple y eficiente para las aguas residuales de lavado de autos basado en el uso de coagulantes naturales, semillas secas de *Carica papaya* y sulfato de aluminio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18 \text{H}_2\text{O}$), además de un sistema de filtración natural. Las muestras de aguas residuales de lavado de autos se recopilaron en diferentes sitios de lavado de autos, ubicados en Asaba, estado de Delta, Nigeria. El manejo de las muestras de aguas residuales se planificó como un prototipo que incorpora cuatro fases, aireación, coagulación más floculación, sedimentación y filtración. El estudio examinó la eficiencia del sistema de gestión y tratamiento de aguas residuales diseñados, utilizando diferentes dosis (35, 70 y 140 mg L⁻¹) de *Carica papaya* y sulfato de aluminio en la fase de coagulación más floculación. Las aguas residuales de lavado de autos pre tratadas y post-tratadas se analizaron para determinar los valores de pH, oxígeno disuelto (OD), demanda química de oxígeno (DQO) y turbidez (NTU). Los valores obtenidos para las aguas residuales de lavado de autos tratadas, indican que el sistema de tratamiento diseñado fue efectivo para el tratamiento primario de las aguas residuales crudas de lavado de autos. Las aguas residuales de lavado de autos tratadas cumplen con los requisitos de la Agencia Nacional de Normas y Reglamentaciones Ambientales y de Ejecución (NESREA) de Nigeria. Se recomienda la adopción de este proceso para el tratamiento de aguas residuales, ya que ayudaría a reducir la contaminación ambiental, resultante de las aguas residuales de lavado de autos y ahorra agua para su reutilización en las pequeñas empresas de lavado de autos a pequeña escala en Nigeria.

De igual manera se tiene la investigación de Sudhir & Prasanna (2023) en el cual se recopilaron aguas residuales de lavado de automóviles de un centro de lavado de automóviles en Chennai, Tamil Nadu, y se trataron con residuos de cultivos de maíz que no son comestibles. El aumento de las industrias automovilísticas y centros de lavado similares, está contribuyendo a la contaminación ambiental. Debido al bajo costo y disponibilidad, la eficiencia en la eliminación de contaminantes y porque promueve la sostenibilidad ambiental, se utilizan más materiales naturales que productos químicos. El estudio adoptó el uso de un proceso de adsorción en columna y mostró buenos resultados en las características fisicoquímicas, donde adsorbió aceite y grasa, sólidos totales disueltos y sólidos en suspensión. Se observó una eliminación del 71,4% de aceite y grasa, mientras que el biochar resultó ser eficaz con una reducción del 89% en sólidos totales disueltos y más del 50% de disminución en parámetros como sólidos en suspensión, DQO, conductividad, aceite y grasa, y alcalinidad total. Se estudió la isoterma de adsorción variando el tamaño de partícula y la altura de la columna, junto con la comparación de la eficiencia de eliminación de varios parámetros en esta investigación experimental.

El estudio de Sambath et al. (2019), tuvo como objetivo la filtración de aguas residuales utilizando las cáscaras de mazorcas de maíz, que generalmente se utilizan como combustible y contribuyen a la contaminación del aire y al calentamiento global, y son uno de los desechos agrícolas más abundantes e importantes en el cultivo de maíz. Este proyecto trata sobre la filtración de agua de bajo costo mediante un mecanismo de biosorción utilizando cáscaras de mazorcas de maíz como filtro en sus diversas formas. Las diferentes capas de las mazorcas se separan, granulan y activan superficialmente mediante un tratamiento adecuado con ácido fosfórico 0,5 N y ácido cítrico. También se prepara carbón activado impregnado este material con NaOH 1N para aumentar el tamaño de los poros y los enlaces covalentes libres al eliminar los adsorbentes orgánicos y las impurezas no deseadas. Además, se usó la tierra de diatomeas, que es una roca sedimentaria

silíceo natural, que se desmorona fácilmente en un fino polvo blanco, se utiliza como un auxiliar de filtración para eliminar partículas muy finas y bacterias. El resultado del proyecto muestra una eliminación satisfactoria de sólidos, dureza, cloruros, turbidez, DBO con una eficiencia promedio del 75% y una excelente eliminación de la concentración de metales pesados, especialmente el 90% del cromo (VI). Sin embargo, el rendimiento sobre el DQO es insatisfactorio y el cambio en el pH es insignificante ya que permanece en un rango ácido.

Finalmente, Guilcamaigua et al., (2019) se propusieron abordar el problema ambiental causado por los vertidos de lavadoras y lubricadoras de automóviles, centrándose en la eliminación de aceites y sólidos suspendidos a través de dos métodos de tratamiento: la bioadsorción utilizando adsorbentes naturales y el proceso de coagulación-floculación. Para alcanzar este objetivo, se utilizaron adsorbentes naturales obtenidos a partir de materiales como la corteza de naranja, hojas de choclo y cascarilla de arroz. Estos materiales se sometieron a procesos de secado, trituración y tamizado antes de su uso. Una vez que las aguas residuales fueron tratadas mediante los procesos de bioadsorción y coagulación-floculación, se llevaron a cabo análisis fisicoquímicos para evaluar la eficacia de los tratamientos. Estos análisis incluyeron mediciones de pH, demanda química de oxígeno (DQO), concentración de aceites y grasas, y turbidez. Los resultados obtenidos del tratamiento de bioadsorción permitieron identificar que la cascarilla de arroz fue el adsorbente más eficiente, logrando una reducción significativa en los valores de turbidez, con una eficiencia de remoción del 80,39%. Posteriormente, se aplicó el proceso de coagulación-floculación para eliminar aún más la turbidez del agua tratada con la cascarilla de arroz, logrando reducir la turbidez a 2 unidades de turbidez (NTU). Los análisis fisicoquímicos posteriores mostraron una disminución sustancial en la DQO, con valores que pasaron de 199,729 mg/L a 79 mg/L. El pH del agua residual también experimentó un cambio significativo, disminuyendo de 9 a 4,65. La remoción total de aceites y grasas en el agua residual al final del proceso fue del 99,55%.

En conclusión, este estudio demostró que un subproducto de la agroindustria, puede convertirse en un adsorbente eficaz y de alto valor para el tratamiento de aguas residuales industriales con altas concentraciones de aceites y grasas. El proceso de adsorción seguido de coagulación-floculación resultó en una mejora significativa en la calidad del agua residual, lo que sugiere su viabilidad como una solución sostenible para la gestión de efluentes contaminados.

2.2 Fundamentos teóricos

2.2.1 Aguas residuales

Las aguas residuales contienen una gran cantidad de desechos sólidos y líquidos que se rechazan después de su uso y se definen en varias combinaciones según sus fuentes de generación y se pueden clasificar en términos generales de tres maneras: aguas residuales domésticas, aguas residuales industriales y aguas residuales pluviales. Las aguas residuales domésticas son el agua de casas y apartamentos, que contienen 99,9% de agua en peso y <0,1% de una amplia variedad de impurezas disueltas y suspendidas, y contiene altas concentraciones de materia orgánica y nutrientes (fósforo y nitrógeno). El agua vertida por industrias que contienen compuestos químicos durante diversos procesos industriales se denomina "aguas residuales industriales" (Kumari et al., 2022).

2.2.2 Grasas y aceites

Las grasas y aceites en aguas residuales se refieren a compuestos orgánicos que contienen lípidos y son liberados en el agua como resultado de diversas actividades humanas y procesos industriales. Estos compuestos pueden incluir aceites vegetales, aceites minerales, grasas animales, aceites lubricantes y otros materiales grasos. Cuando se vierten en aguas residuales, las grasas y aceites pueden causar problemas ambientales y de saneamiento, ya que tienden a flotar en la superficie del agua y pueden obstruir las tuberías y sistemas de alcantarillado, así como causar la acumulación de sólidos en estaciones de tratamiento de aguas residuales. Por lo tanto, es importante controlar y eliminar adecuadamente las grasas y aceites de las aguas residuales para evitar impactos negativos en el medio ambiente y en los sistemas de tratamiento de aguas (Cisterna & Avila, 2019).

En diferentes estudios se han registrado niveles variables de aceites y grasas en las aguas residuales de lavado de autos. Por ejemplo, se han reportado concentraciones de aceites y grasas que oscilan entre 404 y 2876 mg/L, con un promedio de 1099 mg/L mientras que en Sudáfrica se registraron niveles de 12,8 a 43,1 mg/L, superando las pautas establecidas por la USEPA (Ghaly et al., 2021).

2.2.3 Métodos de tratamiento de aguas residuales

El tratamiento de aguas residuales es un proceso que protege el ecosistema de la contaminación; emplea recursos sostenibles; ofrece la oportunidad de reciclar los productos no utilizados y gestiona los residuos sobrantes de una manera más aceptable. Las características y tipos de contaminantes contenidos en el agua, así como el uso previsto del agua tratada, influyen en la elección de la técnica de tratamiento. Los mecanismos de lodos activados y la digestión anaeróbica son métodos centenarios que siguen funcionando bien y se han convertido en el tratamiento de elección (Smarte et al., 2022).

Tratamientos físicos: se centran en la eliminación de contaminantes, sin la adición de productos químicos, a continuación, se presenta algunos de los tratamientos físicos más utilizados:

- **Cribado:** consiste en eliminar sólidos grandes y objetos no deseados del agua residual utilizando tamices o rejillas con aberturas de diferentes tamaños. Esto ayuda a eliminar elementos como sólidos fecales, fibras, corcho, cabello, madera, papel, etc.
- **Filtración:** el agua se filtra a través de un medio con poros pequeños, generalmente con diámetros de 0,1 a 0,5 mm. Esto se utiliza para eliminar partículas suspendidas, grasas, aceites, gérmenes y otros contaminantes. Se pueden emplear membranas y cartuchos como filtros.
- **Separación Centrífuga:** se utiliza para separar sólidos suspendidos en el agua al hacerla girar a alta velocidad en dispositivos centrífugos. Los sólidos suspendidos se separan según su densidad y la velocidad de la máquina centrífuga.
- **Sedimentación y Separación por Gravedad:** en este proceso, las partículas suspendidas, la arena y los limos se separan al dejar el agua en reposo en tanques durante ciertos intervalos de tiempo. La gravedad hace que los sólidos suspendidos se asienten en el fondo.
- **Coagulación:** cuando los sólidos en suspensión no se asientan adecuadamente mediante sedimentación o gravedad, se utiliza la coagulación. Se añaden coagulantes químicos para permitir que los sólidos se aglomeren y se separen del agua.
- **Flotación:** se emplea para eliminar partículas suspendidas, grasas, aceites, materiales biológicos y otros contaminantes al unirlos al aire o al gas. Los sólidos se adhieren al gas o al aire y forman agregados que flotan en la superficie del agua.

Tratamientos Químicos: se basan en la adición de productos químicos para eliminar, descomponer o neutralizar contaminantes en el agua residual. Algunas de las técnicas químicas utilizadas en el tratamiento de aguas residuales:

- Neutralización: Se ajusta el valor de pH del agua residual mediante la neutralización. Ácidos o álcalis se utilizan para neutralizar las aguas residuales industriales después de operaciones como la precipitación y la floculación. Esto es importante para ajustar el pH al rango óptimo antes de la etapa principal de tratamiento de aguas residuales.
- Precipitación: Los contaminantes disueltos se convierten en precipitados sólidos al reducir su solubilidad. Estos precipitados pueden eliminarse fácilmente de la superficie del agua. Se utilizan sustancias químicas como el cloruro férrico, la cal, el sulfato ferroso y otros para inducir la precipitación de contaminantes. Este método se emplea en la eliminación de iones metálicos y sustancias orgánicas.
- Intercambio Iónico: En este proceso, un intercambiador iónico sólido se utiliza para intercambiar iones dañinos en el agua residual por iones no tóxicos. Hay dos tipos de intercambiadores iónicos: aniónicos y catiónicos, que pueden intercambiar aniones y cationes, respectivamente. Se utilizan resinas con sitios activos en su superficie, ya sean naturales o sintéticas.
- Oxidación/Reducción: Las reacciones redox se utilizan para tratar químicamente las aguas residuales. Se pueden eliminar hidrocarburos clorados y pesticidas del agua potable mediante la oxidación con ozono o peróxido de hidrógeno. La oxidación también se utiliza en el tratamiento de aguas residuales para eliminar sustancias químicas biodegradables problemáticas.
- Electrodiálisis: Esta técnica utiliza membranas semipermeables selectivas de iones para permitir que los iones solubles en agua pasen a través de ellas cuando se aplica una corriente eléctrica. Puede utilizarse para la desalinización del agua salina y otras aplicaciones de reducción de sólidos disueltos.
- Desinfección: La desinfección tiene como objetivo limitar el número de microorganismos en el agua tratada que se liberará nuevamente en el medio ambiente para su posterior uso. Se utilizan agentes físicos, mecánicos y químicos, como el calor, la luz, la radiación, el cloro, el ozono y otros, para llevar a cabo la desinfección.

Tratamientos Biológicos: emplean microorganismos vivos para descomponer la materia orgánica presente en el agua residual. Aquí hay una descripción más detallada de algunos de los tratamientos biológicos:

- Tratamiento biológico secundario: En este proceso, microorganismos como bacterias y protozoos se utilizan para descomponer la materia orgánica presente en el agua residual, convirtiéndola en productos menos dañinos y son una parte fundamental del tratamiento de aguas residuales para reducir la carga orgánica y mejorar la calidad del agua.
- Tecnologías emergentes con microorganismos: Estas tecnologías utilizan microorganismos especializados, como algas, bacterias y hongos, para eliminar contaminantes específicos mediante adsorción, acumulación o degradación.
- Biorremediación: es un proceso de tratamiento biológico que utiliza recursos biológicos para convertir los contaminantes ambientales en formas menos peligrosas. Por ejemplo, la capacidad innata de microorganismos, plantas, bacterias, algas u hongos para sobrevivir, adaptarse y prosperar en condiciones indecorosamente duras se ha aprovechado para tratar masas de agua o suelos contaminados. Como cualquier otro proceso de tratamiento biológico, se prefiere la biorremediación porque no requiere productos químicos ni mucha energía. Esta tecnología se puede aplicar tanto in situ (in situ) como ex situ; por ejemplo,

las aguas residuales pueden tratarse en el sitio donde se produce la contaminación o transportarse a un sitio externo para una manipulación adecuada de las condiciones operativas si no se puede lograr en el sitio contaminado. La biorremediación puede ocurrir en ambientes aeróbicos o anaeróbicos. Los organismos vivos necesitan oxígeno ambiental para prosperar en ambientes aeróbicos. No hay oxígeno en situaciones anaeróbicas. Los microbios en esta situación descomponen moléculas químicas o iones como sulfatos en las aguas residuales para obtener la energía requerida (Sharma, 2020).

2.2.4 Aguas residuales de las lavadoras de vehículos

Se refieren a los efluentes de estaciones, garajes y bahías que brindan servicios de lavado y limpieza a los usuarios de vehículos, dado que, las prácticas de lavado utilizan grandes cantidades de detergentes, jabones y productos químicos para eliminar la materia particulada adherida a la superficie del automóvil; esta materia puede incluir polvo, suciedad, arena, tierra y barro, lo que aumenta los contaminantes sólidos y coloidales en el efluente del lavado de autos. Los efluentes de lavado de automóviles pueden contener grasa, aceite, residuos de hidrocarburos de petróleo, metales pesados y surfactantes, que se liberan principalmente de los neumáticos, las partes del motor y las conexiones (Dabedo et al., 2022).

Las aguas residuales de los lavados de autos están compuestas por diversos contaminantes que pueden ser parcial o completamente eliminados con métodos de tratamiento convencionales. Sin embargo, la instalación necesaria para eliminar completamente los contaminantes de los lavados de autos del flujo de aguas residuales es compleja y costosa. Si la generación de aguas residuales de lavados de autos en una región no está regulada, como puede ser el caso en muchas regiones, las aguas residuales generadas se descargan directamente desde el lavado de autos al sistema de alcantarillado sin ningún tipo de tratamiento (Canales et al., 2021).

El sector del autolavado genera un alto consumo de agua, produciendo en promedio entre 150 y 600 litros de aguas residuales cada semana, lo que plantea preocupaciones tanto económicas como ambientales. En muchos casos, las estaciones de lavado de vehículos no cumplen con las regulaciones destinadas a mejorar la gestión y la preservación del agua dulce. De hecho, la cantidad de aguas residuales producidas por día varía según el método de lavado utilizado: el lavado manual con manguera puede generar alrededor de 400 litros por día, mientras que el lavado realizado mediante instalaciones de dosificación programada suele consumir aproximadamente 150 litros diarios (Espinoza et al., 2023).

Según el estudio de (Sarmadi et al., 2021), el agua residual proveniente de los lavados de vehículos se caracteriza de la siguiente manera:

- **Demanda bioquímica de oxígeno y demanda química de oxígeno:** se han observado que los valores de DBO más bajos reportados en aguas residuales de lavado de automóviles, fueron de 4,4 mg/L en un estudio realizado en Japón, mientras que las tasas más altas se informaron en Argelia, con valores de 2,350 mg/L. La variabilidad en este parámetro se debe a la ubicación geográfica y al tipo de material utilizado para el lavado de automóviles. En algunos casos, la DBO superó los 400 mg/L, aunque en la mayoría de los casos fue inferior a este valor. En cuanto a la demanda química de oxígeno (DQO), se informaron valores muy altos de hasta 20,781 mg/L en un estudio, mientras que el valor más bajo fue de 2,18 mg/L en otro estudio. La relación entre DQO y DBO varía ampliamente, lo que dificulta la selección de un método de tratamiento. Una relación cercana a uno sugiere un tratamiento biológico más adecuado. En algunos estudios con altos valores de DQO, también se encontraron niveles elevados de detergentes, lubricantes y grasas.
- **Oxígeno disuelto:** es un parámetro importante tanto para los ecosistemas acuáticos como para las aplicaciones industriales. En las aguas residuales de lavado de automóviles, se observaron valores de oxígeno disuelto que variaban desde 3,1 mg/L hasta niveles tan bajos

que llegaban a cero en algunos casos. Valores bajos de oxígeno disuelto pueden tener un impacto negativo en el medio ambiente y en la calidad del agua.

- Aceite y grasa: son problemas significativos en las aguas residuales industriales, especialmente en el caso de las aguas residuales de lavado de automóviles, donde grandes cantidades de estos contaminantes ingresan al agua después del lavado de vehículos. Los niveles de aceite y grasa informados en algunos estudios alcanzaron los 3,000 mg/L. Estos contaminantes pueden reducir el oxígeno disuelto en el agua y causar daños a los organismos acuáticos. Además, pueden causar obstrucciones en las redes de recolección de aguas residuales. El estándar recomendado para el aceite y la grasa en Irán es de 10 mg/L, y aproximadamente el 33% de los valores informados estaban por debajo de este estándar.

La disposición final de las aguas contaminadas por el lavado de vehículos, en muchos casos son las alcantarillas, en este sentido, según el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA), que establece las normas de calidad ambiental y los requisitos para la liberación de efluentes en el recurso hídrico y en el cual se definen los límites permitidos, las regulaciones y restricciones para las descargas en cuerpos de agua o sistemas de alcantarillado, así como los estándares de calidad del agua para diversos fines, y los métodos y procedimientos para la detección de contaminantes en el agua; los límites de descarga al sistema de alcantarillado público son los siguientes: (Ministerio del Ambiente, 2010).

Figura 1 Límites de descarga al sistema de alcantarillado público

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
Aceite y grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	70
Demanda bioquímica de oxígeno(5días)	DBO5	mg/l	250
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	500
Sólidos Suspendidos Totales	-	mg/l	220
Sólidos Totales	-	mg/l	1600
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20
Potencial de Hidrógeno	pH	-	6 a 9

Fuente (Ministerio del Ambiente, 2010).

2.2.5 Tratamiento de las aguas residuales para lavado de autos

Los objetivos del tratamiento de las aguas residuales de lavado de automóviles son prevenir la contaminación ambiental y reutilizar los recursos hídricos (Kuan et al., 2022). Los métodos convencionales de tratamiento de aguas residuales utilizan una combinación de tratamientos físicos, químicos y biológicos, que muestran diferentes grados de eficacia en la eliminación de contaminantes como materia orgánica, nutrientes, sólidos y metales pesados. El método convencional para el tratamiento de aguas residuales incluye varios procesos, como flotación, intercambio iónico, adsorción y sedimentación, que tienen la capacidad de eliminar metales pesados de las aguas residuales. Esto se logra a través de la transferencia de iones de la fase líquida a la fase sólida (llamada sorción) e incluye reacciones de precipitación y adsorción. Esta transferencia puede ser un proceso físico o químico según la naturaleza de los elementos (Talebzadeh et al., 2021).

Como mínimo, las aguas residuales deben recibir un tratamiento primario, como la filtración y la coagulación, a un nivel aceptable antes de ser descargadas al sistema de alcantarillado o en cuerpos de agua. Debido a que el tratamiento de las aguas residuales de lavados de autos debe realizarse directamente en la fuente, es decir, dentro de cada instalación de lavado de autos, el flujo de aguas residuales puede proporcionar una fuente inmediata de aguas grises recicladas si se trata a un nivel aceptable (Talebzadeh et al., 2021).

Los procesos primarios en el tratamiento de las aguas residuales de lavado de autos enfrentan desafíos debido a la alta concentración de sólidos y aceite. Los sólidos pueden afectar negativamente la eficiencia del tratamiento principal y restringir el uso de tecnologías avanzadas como las membranas. Asimismo, la elevada concentración de aceite puede perjudicar los procesos biológicos, especialmente los aeróbicos, y obstaculizar los procesos de absorción y membranas. Por ello, es esencial separar los sólidos y el aceite en las etapas iniciales del tratamiento de agua residuales. Los métodos más comunes para esta separación son la sedimentación y la filtración, que muestran una eficacia notable. Sin embargo, estas técnicas presentan limitaciones relacionadas con el tiempo de retención y la obstrucción, lo que puede ser un desafío cuando se busca la reutilización in situ (Kuna et al., 2022).

Los principales tratamientos de agua contaminada proveniente de lavadora y lubricadora de vehículo incluyen: métodos físicos, químicos y biológicos (Espinoza et al., 2023; Kazembeigi et al., 2023; Torkashvand, et al., 2020).

Métodos Físicos:

Basándose en los resultados de investigaciones y con el propósito de reutilizar las aguas residuales de lavado de autos en el mismo lugar, es posible identificar un proceso que involucra varios métodos para el tratamiento de estas aguas residuales. El objetivo principal de este proceso es reducir dos contaminantes significativos: sólidos en suspensión y emulsiones de aceite/agua. Dado que el aceite y el agua tienen diferentes densidades, se puede incorporar un separador de aceite/agua (también conocido como escurridor) en el proceso, lo cual ayudará a reducir significativamente el contenido de aceite en las aguas residuales y a mejorar la calidad del agua tratada (Torkashvand, et al., 2020).

Se ha convertido en un excelente método para la separación sólido-líquido en los últimos años. Cuando el elemento de filtro tiene la selectividad suficiente, el proceso de floculación-filtración puede lograr tasas de eliminación de SS y turbidez superiores al 99%; además, la filtración puede eliminar parcialmente la DQO, pero la tasa de eliminación es de aproximadamente el 60% (Kuna et al., 2022).

Los principales métodos de filtración, incluyen (Kazembeigi et al., 2023):

- **Filtración Granular:** Este método implica el uso de medios porosos, como arena, grava o arcilla, para eliminar partículas y sólidos suspendidos del agua residual. Durante el proceso, el agua pasa a través de un lecho de medios granulares, y las partículas más grandes quedan atrapadas en los espacios entre los granos. Es un método eficaz para eliminar sólidos, turbidez y algunas impurezas, pero puede requerir mantenimiento periódico para evitar obstrucciones.
- **Filtración por Membrana:** La filtración por membrana utiliza membranas semipermeables para separar partículas y contaminantes del agua residual. Hay varias subcategorías:
- **Microfiltración:** Utiliza membranas con poros más grandes para eliminar partículas grandes y microorganismos, como bacterias y protozoos. Es eficaz en la eliminación de sólidos suspendidos.
- **Ultrafiltración:** Las membranas de ultrafiltración tienen poros más pequeños y pueden eliminar partículas más pequeñas, incluyendo algunos virus y proteínas. Es efectiva para eliminar sólidos y microorganismos.
- **Nanofiltración:** Estas membranas tienen poros aún más pequeños y pueden eliminar una gama más amplia de contaminantes, incluyendo sales y materia orgánica. Es eficaz para mejorar la calidad del agua.
- **Ósmosis Inversa:** Este método utiliza membranas con poros extremadamente pequeños y aplica una presión considerable para eliminar impurezas, incluyendo iones, materia orgánica y partículas. Es comúnmente utilizado para producir agua de enjuague sin manchas en la industria de lavado de autos.

Métodos químicos:

- **Coagulación Química:** implica la adición de coagulantes químicos, como alumbre, cloruro de polialuminio (PAC) o cloruro férrico, al agua residual. Estos coagulantes neutralizan las cargas eléctricas en las partículas suspendidas, lo que hace que se agrupen y formen flóculos más grandes. Estos flóculos pueden sedimentar y ser eliminados del agua. La coagulación química es efectiva en la reducción de la turbidez y el DQO (Demanda Química de Oxígeno) en el agua residual.
- **Electrocoagulación:** es un proceso en el que se aplica una corriente eléctrica a través del agua residual mediante electrodos, lo que provoca la formación de flóculos coagulados que facilitan la eliminación de sólidos y aceites. Es especialmente eficaz para reducir la turbidez del agua residual y puede funcionar bien a un pH neutro. La elección del tipo de electrodo y el diseño del sistema afectan su eficiencia.
- **Procesos de Oxidación:** implican la adición de sustancias químicas oxidantes o la aplicación de corriente eléctrica para degradar los contaminantes en el agua residual. Esto puede incluir métodos como Fenton y Foto-Fenton. La eficacia de la oxidación depende de factores como la intensidad de corriente, el tiempo de tratamiento y el tipo de oxidante utilizado. El ozono y el peróxido de hidrógeno (H_2O_2) son ejemplos de sustancias químicas utilizadas en la oxidación química.

Métodos biológicos:

Los procesos biológicos utilizan microorganismos para descomponer contaminantes en el agua residual. Esto puede incluir el uso de Reactores Biológicos de Membrana (MBRs) y Contactores Biológicos Rotativos (RBCs). A pesar de los desafíos debido a la alta concentración de aceite y detergentes en aguas residuales de lavado de autos, estos métodos pueden lograr eficiencias significativas en la reducción de turbidez y DQO (Demanda Química de Oxígeno). Sin embargo, pueden enfrentar problemas operativos, como el ensuciamiento de las membranas en el caso del MBR.

Otros métodos y pretratamiento:

- Además de los métodos principales, algunos estudios han incorporado procesos microbianos, filtración de arena, sedimentación y aireación como pretratamiento o como parte del proceso de tratamiento del agua residual de lavado de autos.

Procesos avanzados y tratamiento combinado:

- En situaciones específicas, se pueden utilizar procesos avanzados y la combinación de múltiples métodos para mejorar la eficiencia en el tratamiento de aguas residuales de lavado de autos. Esto implica la integración de diversas etapas de tratamiento para abordar una variedad de contaminantes y condiciones específicas del agua residual.

Cada uno de estos métodos ofrece una solución única para el tratamiento de aguas residuales de lavado de autos, y la elección del método más adecuado dependerá de los objetivos de tratamiento, la calidad del agua de entrada y los requisitos ambientales.

2.2.6 Adsorción

El tratamiento por adsorción es un método de tratamiento de aguas residuales que implica la adhesión de átomos, iones o moléculas de un líquido o sólido disuelto a la superficie de un material sólido, conocido como adsorbente, este proceso crea una película del adsorbato en la superficie del adsorbente y es una técnica efectiva para eliminar varios contaminantes de las aguas residuales y tiene varias ventajas, como la simplicidad, la rentabilidad y un impacto ambiental mínimo (Ghaly et al., 2021).

Los adsorbentes suelen ser materiales porosos y suelen tener una gran superficie debido a su alta porosidad. Debido a la porosidad, el área interna es generalmente mayor que la externa y se pueden dividir en 3 grupos: adsorbentes naturales inorgánicos, orgánicos naturales y sintéticos. Los adsorbentes inorgánicos naturales son arcillas, minerales como la calcita y la hidroxiapatita, cenizas volantes, zeolita, suelos calcáreos, escorias, lodos, asfaltita modificada, etc. Los adsorbentes orgánicos naturales incluyen aserrín, cáscara de coco, desechos de mazorcas de maíz y desechos de té, cáscaras de arroz, cortezas, cáscaras de avellanas, lana, turba y quitosano. Los adsorbentes sintéticos incluyen óxidos metálicos de tamaño nanométrico, hierro de valencia cero, nanomateriales modificados, etc. Los nanoadsorbentes, especialmente los nanoadsorbentes magnéticos, tienen un enorme potencial industrial debido a su alta reactividad, muchos sitios activos y, en consecuencia, una gran superficie. Sus deficiencias incluyen la inestabilidad y la consiguiente agregación, que disminuye su superficie; como resultado, se reduce su reactividad. Para prevenir la agregación y disolución, generalmente se utilizan diferentes aditivos como arcillas y polímeros (Pfeifer & Skerget, 2020).

A continuación, se presentan puntos clave sobre el tratamiento por adsorción en el contexto del tratamiento de aguas residuales (Ghaly et al., 2021):

- Adsorción vs. absorción: la adsorción es el proceso por el cual los contaminantes se adhieren a la superficie de un adsorbente, mientras que la absorción implica la absorción de contaminantes en el interior de un sólido o líquido. La adsorción es un fenómeno de superficie, mientras que la absorción involucra todo el volumen del material.
- Energía de superficie: la adsorción es una consecuencia de la energía de superficie, por lo que, en materiales a granel, la mayoría de los requisitos de unión de los átomos constituyentes son cubiertos por otros átomos en el material. Sin embargo, los átomos en la superficie del adsorbente no están completamente rodeados por otros átomos del adsorbente, lo que los hace capaces de atraer y unir adsorbentes.

- Fisisorción y quimisorción: la adsorción se puede clasificar en dos tipos principales: fisisorción y quimisorción. La fisisorción implica interacciones físicas débiles (por ejemplo, fuerzas de Van der Waals), mientras que la quimisorción implica reacciones químicas entre el adsorbato y el adsorbente. La naturaleza exacta de la unión depende de los contaminantes específicos y los adsorbentes involucrados.
- Aplicaciones de la adsorción: la adsorción se utiliza en diversas aplicaciones industriales, incluido el tratamiento de aguas residuales. Se utiliza en procesos como la catálisis heterogénea, la adsorción de carbón activado, el intercambio iónico, la cromatografía y la purificación de agua. En el contexto del tratamiento de aguas residuales de lavado de autos, la adsorción se puede utilizar para eliminar contaminantes como sustancias activas en la superficie, sólidos disueltos totales, aceites y grasas.
- Adsorbentes: se pueden utilizar diferentes adsorbentes para el tratamiento de aguas residuales, según los contaminantes que se deben eliminar. Los adsorbentes comunes incluyen bentonita (arcilla granular), carbón activado y materiales naturales como las hojas de *Prosopis juliflora* y *Casuarina equisetifolia*.
- Condiciones Óptimas: para maximizar la eficiencia del tratamiento por adsorción, se deben optimizar varios parámetros como el pH, la temperatura, el tiempo de contacto y la dosis del adsorbente.

2.2.7 Bioadsorbentes

Los bioadsorbentes son materiales naturales o biomasa que se utilizan para eliminar selectivamente metales pesados, iones y colorantes de agua contaminada. Estos materiales son amigables con el medio ambiente, económicos y renovables. Los bioadsorbentes pueden incluir biomasa inerte, como corteza, aserrín y turba, así como fibras naturales como algodón y lino, y otras sustancias orgánicas como polisacáridos o biopolímeros, como alginato, celulosa, almidón y quitina, y sus productos derivados como ciclodextrinas y quitosano. Además, los bioadsorbentes pueden incluir algas, bacterias, hongos y levaduras que pueden eliminar contaminantes del agua a través del proceso de biosorción, donde los materiales de unión derivados de diversas biomásas se utilizan para atrapar las sustancias nocivas presentes en el agua (Dehghani et al., (2023).

Estos materiales son altamente efectivos en la eliminación de contaminantes y son especialmente adecuados para aplicaciones medioambientales debido a su bajo costo, abundancia y propiedades respetuosas con el medio ambiente y se han desarrollado diversos métodos para la preparación, modificación y caracterización de bioadsorbentes verdes, lo que los hace útiles para la eliminación de contaminantes nocivos de entornos industriales y acuosos (Dehghani et al., 2023).

2.2.8 Residuos orgánicos

En Ecuador se generan alrededor de 2,2 millones de toneladas de residuos agroindustriales cada año, y la mayoría de estos residuos consisten en materiales lignocelulósicos o compuestos de almidón. Esto significa que existe una gran cantidad de materia prima disponible que podría utilizarse para crear nuevos productos con un enfoque sostenible, biotecnológico e innovador (Aguar & Estrella, 2022).

Los datos muestran que los subproductos resultantes del procesamiento del arroz y el maíz son los residuos agroindustriales más significativos en el país. Sin embargo, el manejo inadecuado de estos residuos por parte de las empresas agroalimentarias tiene un impacto directo en el equilibrio medioambiental. Cuando se queman o se depositan en vertederos a cielo abierto o terrenos baldíos, se produce una grave contaminación del suelo, el agua y otros entornos naturales y esto afecta

principalmente a la flora y fauna de estos lugares, lo que a su vez repercute en la salud y la economía de la sociedad (Aguiar & Estrella, 2022).

Los residuos orgánicos agrícolas constan de cuatro componentes que difieren entre sí en su composición media: celulosa, hemicelulosa, lignina y extractos (Amer et al., 2021).

- Celulosa: es un polisacárido natural que forma parte de la estructura de las células vegetales. Está compuesta por largas cadenas de glucosa y es uno de los principales componentes de la pared celular de las plantas. La celulosa es un material fibroso y resistente que proporciona rigidez y estructura a las plantas.
- Hemicelulosa es otro tipo de polisacárido que se encuentra en la pared celular de las plantas. A diferencia de la celulosa, la hemicelulosa está formada por una variedad de azúcares diferentes, como glucosa, xilosa, manosa y otros. Es menos rígida que la celulosa y tiene propiedades de unión que pueden ayudar a mantener la estructura de las paredes celulares.
- Lignina: es un compuesto polimérico complejo que se encuentra en las paredes celulares de las plantas, especialmente en la madera y en partes más lignificadas de las plantas. Proporciona rigidez y resistencia a las estructuras de las plantas, pero es menos susceptible a la descomposición que la celulosa y la hemicelulosa. La lignina es una barrera importante para la degradación microbiana de la biomasa vegetal.
- Extractos: se refieren a una variedad de compuestos químicos que pueden extraerse de los residuos agrícolas y que no pertenecen a las categorías anteriores (celulosa, hemicelulosa y lignina). Estos compuestos pueden incluir lípidos, compuestos fenólicos, flavonoides, taninos, aceites esenciales, azúcares solubles, y otros componentes químicos diversos presentes en los materiales vegetales.

2.2.9 Hoja de maíz

El maíz es una planta herbácea anual, nativa del hemisferio norte, la producción de biomasa residual que genera un cultivo de maíz (cañas, hojas de maíz, hojas de mazorca de maíz y mazorcas) fluctúa entre las 20 y 35 toneladas por hectárea y en el maíz de choclo (cañas y hojas), varía de 16 a 25 toneladas por hectárea, mientras que las hojas de maíz se trata de hojuelas secas, rugosas y quebradizas que envuelven o resguardan la parte exterior de la mazorca de maíz, y son consideradas desechos agrícolas que se generan en cantidades significativas tras la cosecha del maíz (Martínez et al., 2012). En el procesamiento de maíz se generan residuos correspondientes al olote y las hojas que representan poco más del 11,8% de la planta (Riera et al., 2018).

Las hojas de la mazorca de maíz poseen holocelulosa 78,86%, celulosa 43,14%, lignina 23,00% y cenizas 0,76, en relación al contenido de holocelulosa este se encuentra en el rango típico de materiales utilizados en la producción de pulpa para papel, oscilando entre el 67% y el 70% en base seca. En comparación con las maderas, las hojas de maíz tienen un contenido de lignina relativamente bajo, que es inferior al 20%. Esto sugiere que se requerirá una carga menor de agentes químicos y un tiempo de reacción más corto durante el proceso de pulpeo en comparación con las maderas y plantas anuales (Martínez et al., 2012).

2.2.10 Propuesta de plan de difusión ambiental

La propuesta de difusión se define como una acción determinada que sirve para abordar una situación específica (Calderón, 2016), por otro lado, un plan de difusión puede llegar a proporcionar una estrategia que permita disminuir los impactos ambientales generados por esta empresa.

Según (Sainz, 2015) las características de un plan de difusión son:

1. Generar conocimiento
2. Modificar actitudes
3. Impulsar la actividad

Con el objetivo de informar sobre los hallazgos, para este plan se propone generar conocimiento hacia los representantes de la empresa, como también a los operadores, sobre la contaminación generada por grasas y aceites y su posible tratamiento previo a la descarga (Sainz, 2015).

2.2.11 Marco Legal

a. Constitución de la República del Ecuador

Título II

Art. 12.- El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida.

Art. 14. - Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir.

Art. 15.- El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua. Se prohíbe el desarrollo, producción, tenencia, comercialización, importación, transporte, almacenamiento y uso de armas químicas, biológicas y nucleares, de contaminantes orgánicos persistentes altamente tóxicos, agroquímicos internacionalmente prohibidos, y las tecnologías y agentes biológicos experimentales nocivos y organismos genéticamente modificados perjudiciales para la salud humana o que atenten contra la soberanía alimentaria o los ecosistemas, así como la introducción de residuos nucleares y desechos tóxicos al territorio nacional.

b. Código Orgánico del Ambiente

Art. 1.- Objeto. Este Código tiene por objeto garantizar el derecho de las personas a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, así como proteger los derechos de la naturaleza para la realización del buen vivir o sumak kawsay. Las disposiciones de este Código regularán los derechos, deberes y garantías ambientales contenidos en la Constitución, así como los instrumentos que fortalecen su ejercicio, los que deberán asegurar la sostenibilidad, conservación, protección y restauración del ambiente, sin perjuicio de lo que establezcan otras leyes sobre la materia que garanticen los mismos fines.

Art. 2.- **Ámbito de aplicación.** Las normas contenidas en este Código, así como las reglamentarias y demás disposiciones técnicas vinculadas a esta materia, son de cumplimiento obligatorio para todas las entidades, organismos y dependencias que comprenden el sector público, personas naturales y jurídicas, comunas, comunidades, pueblos, nacionalidades y colectivos, que se encuentren permanente o temporalmente en el territorio nacional. La regulación del aprovechamiento de los recursos naturales no renovables y de todas las actividades productivas que se rigen por sus respectivas leyes, deberán observar y cumplir con las disposiciones del presente Código en lo que respecta a la gestión ambiental de las mismas.

Título II Derechos, Deberes y Principios Ambientales

Art. 4.- **Disposiciones comunes.** Las disposiciones del presente Código promoverán el efectivo goce de los derechos de la naturaleza y de las personas, comunas, comunidades, pueblos, nacionalidades y colectivos a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, de conformidad con la Constitución y los instrumentos internacionales ratificados por el Estado, los cuales son inalienables, irrenunciables, indivisibles, de igual jerarquía, interdependientes, progresivos y no se excluyen entre sí.

Título III Régimen de Responsabilidad Ambiental

Art. 11.- **Responsabilidad objetiva.** De conformidad con los principios y garantías ambientales establecidas en la Constitución, toda persona natural o jurídica que cause daño ambiental tendrá responsabilidad objetiva, aunque no exista dolo, culpa o negligencia. Los operadores de las obras, proyectos o actividades deberán mantener un sistema de control ambiental permanente e implementarán todas las medidas necesarias para prevenir y evitar daños ambientales, especialmente en las actividades que generan mayor riesgo de causarlos.

SISTEMA UNICO DE MANEJO AMBIENTAL

CAPITULO I DEL REGIMEN INSTITUCIONAL

Art. 160.- El Sistema Único de Manejo Ambiental determinará y regulará los principios, normas, procedimientos y mecanismos para la prevención, control, seguimiento y reparación de la contaminación ambiental. Las instituciones del Estado con competencia ambiental deberá coordinar sus acciones, con un enfoque transectorial, a fin de garantizar que cumplan con sus funciones y de asegurar que se evite en el ejercicio de ellas superposiciones, omisiones, duplicidad, vacíos o conflictos.

La Autoridad Ambiental Nacional ejercerá la rectoría del Sistema Único de Manejo Ambiental, en los términos establecidos en la Constitución, este Código y demás normativa secundaria.

Las competencias ambientales a cargo de los Gobiernos Autónomos Descentralizados se ejercerán de forma coordinada y descentralizada, con sujeción a la política y normas nacionales de calidad ambiental.

Art. 161.- Criterios y normas técnicas. La Autoridad Ambiental Nacional, deberá dictar y actualizar periódicamente los criterios y normas técnicas que garanticen la calidad ambiental y de los componentes bióticos y abióticos, así como los límites permisibles; para ello coordinará con las autoridades nacionales competentes. En virtud de la realidad geográfica del territorio, condiciones especiales u otras necesidades de cada jurisdicción, los Gobiernos Autónomos Descentralizados competentes, previo a la aprobación de la Autoridad Ambiental Nacional, con el fin de precisar las medidas administrativas o técnicas, podrán adoptar criterios adicionales o dictar normas técnicas más rigurosas que las normas nacionales, siempre y cuando no sean contrarias a las establecidas por la Autoridad Ambiental Nacional y las dictadas en este Código. Se prohíbe a la Autoridad Ambiental Nacional y a los Gobiernos Autónomos Descentralizados Competentes, implementar normas de carácter regresivo en materia ambiental que perjudiquen el ecosistema.

Art. 162.- Obligatoriedad. Todo proyecto, obra o actividad, así como toda ampliación o modificación de estos, que pueda causar riesgo o impacto ambiental, deberá cumplir con las disposiciones y principios que rigen al Sistema Único de Manejo Ambiental, en concordancia con lo establecido en el presente Código.

Art. 164.- Prevención, control, seguimiento y reparación integral. En la planificación nacional, local y seccional, se incluirán obligatoriamente planes, programas o proyectos que prioricen la prevención, control y seguimiento de la contaminación, así como la reparación integral del daño ambiental, en concordancia con el Plan Nacional de Desarrollo, y las políticas y estrategias que expida la Autoridad Ambiental Nacional. De manera coordinada, los Gobiernos Autónomos Descentralizados Provinciales, Metropolitanos y Municipales, incluirán prioritariamente en su planificación, la reparación integral de los daños y pasivos ambientales ocasionados en su circunscripción territorial, que no hayan sido reparados. Asimismo, llevarán un inventario actualizado de dichos daños, los que se registrarán en el Sistema único de Información Ambiental.

Título III Control Y Seguimiento Ambiental

Capítulo II De Los Mecanismos De Control Y Seguimiento Ambiental

Art. 201.- De los mecanismos. El control y seguimiento ambiental puede efectuarse por medio de los siguientes mecanismos: 1. Monitoreos; 2. Muestreos; 3. Inspecciones; 4. Informes ambientales de cumplimiento; 5. Auditorías Ambientales; 6. Vigilancia ciudadana o comunitaria; y, 7. Otros que establezca la Autoridad Ambiental Competente. En las normas secundarias que emita la Autoridad Ambiental Nacional se establecerá el mecanismo de control que aplique según el impacto generado conforme lo previsto en este Código.

Art. 202.- Del apoyo en las actividades de control y seguimiento. Se reconocerá el apoyo de las personas naturales o jurídicas, comunas, comunidades, pueblos o nacionalidades, organismos públicos o privados, en las actividades de control y seguimiento ambiental, para levantar información sobre el cumplimiento por parte de los operadores de las normas ambientales contenidas en este Código y demás normas secundarias aplicables. Quien tenga conocimiento del incumplimiento de una norma ambiental podrá ponerla en conocimiento de la Autoridad Ambiental Competente.

Título V Gestión Integral de Residuos y Desechos

Capítulo I Disposiciones Generales

Art. 224.- Objeto. La gestión integral de los residuos y desechos está sometida a la tutela estatal cuya finalidad es contribuir al desarrollo sostenible, a través de un conjunto de políticas intersectoriales y nacionales en todos los ámbitos de gestión, de conformidad con los principios y disposiciones del Sistema Único de Manejo Ambiental.

Art. 225.- Políticas generales de la gestión integral de los residuos y desechos. Serán de obligatorio cumplimiento, tanto para las instituciones del Estado, en sus distintos niveles y formas de gobierno, regímenes especiales, así como para las personas naturales o jurídicas, las siguientes políticas generales: 1. El manejo integral de residuos y desechos, considerando prioritariamente la eliminación o disposición final más próxima a la fuente; 2. La responsabilidad extendida del productor o importador; 3. La minimización de riesgos sanitarios y ambientales, así como fitosanitarios y zoonosológicos; 4. El fortalecimiento de la educación y cultura ambiental, la participación ciudadana y una mayor conciencia en relación con el manejo de los residuos y desechos; 5. El fomento al desarrollo del aprovechamiento y valorización de los residuos y desechos, considerándolos un bien económico con finalidad social, mediante el establecimiento de herramientas y mecanismos de aplicación; 6. El fomento de la investigación, desarrollo y uso de las mejores tecnologías disponibles que minimicen los impactos al ambiente y la salud humana; 7. El estímulo a la aplicación de buenas prácticas ambientales, de acuerdo con los avances de la ciencia y la tecnología, en todas las fases de la gestión integral de los residuos o desechos; 8. La aplicación del principio de responsabilidad compartida, que incluye la internalización de costos, derecho a la información e inclusión económica y social, con reconocimientos a través de incentivos, en los casos que aplique; 9. El fomento al establecimiento de estándares para el manejo de residuos y desechos en la generación, almacenamiento temporal, recolección, transporte, aprovechamiento, tratamiento y disposición final; 10. La sistematización y difusión del conocimiento e información, relacionados con los residuos y desechos entre todos los sectores; 11. La jerarquización en la gestión de residuos y desechos; y, 12. Otras que determine la Autoridad Ambiental Nacional.

Art. 226.- Principio de jerarquización. La gestión de residuos y desechos deberá cumplir con la siguiente jerarquización en orden de prioridad: 1. Prevención; 2. Minimización de la generación en la fuente; 3. Aprovechamiento o valorización; 4. Eliminación; y, 5. Disposición final. La disposición final se limitará a aquellos desechos que no se puedan aprovechar, tratar, valorizar o eliminar en condiciones ambientalmente adecuadas y tecnológicamente factibles. La Autoridad Ambiental Nacional, así como los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales o Metropolitanos, promoverán y fomentarán en la ciudadanía, en el marco de sus competencias, la clasificación, reciclaje, y en general la gestión de residuos y desechos bajo este principio.

Art. 237.- Autorización administrativa para el generador y gestor de desechos peligrosos y especiales. Todo generador y gestor de residuos y desechos peligrosos y especiales, deberán obtener la autorización administrativa de conformidad con los procedimientos y requisitos establecidos en la norma secundaria

Art. 238.- Responsabilidades del generador. Toda persona natural o jurídica definida como generador de residuos y desechos peligrosos y especiales, es el titular y responsable del manejo ambiental de los mismos desde su generación hasta su eliminación o disposición final, de conformidad con el principio de jerarquización y las disposiciones de este Código. Serán responsables solidariamente, junto con las personas naturales o jurídicas contratadas por ellos para efectuar la gestión de los residuos y desechos peligrosos y especiales, en el caso de incidentes que produzcan contaminación y daño ambiental. También responderán solidariamente las personas que no realicen la verificación de la autorización administrativa y su vigencia, al momento de entregar o recibir residuos y desechos peligrosos y especiales, cuando corresponda, de conformidad con la normativa secundaria.

c. Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundario Libro Vi Anexo 1
Criterios generales de descarga de efluentes:

- Normas generales para descarga de efluentes, tanto al sistema de alcantarillado como a los cuerpos de agua.
- Límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para descarga de efluentes al sistema de alcantarillado.
- Límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para descarga de efluentes a un cuerpo de agua o receptor.
 - Descarga a un cuerpo de agua dulce.
 - Descarga a un cuerpo de agua marina.
- Permisos de descarga.
- Parámetros de monitoreo de las descargas a cuerpos de agua y sistemas de alcantarillado de actividades industriales o productivas, de servicios públicas o privadas.

Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua (Libro Vi, Anexo I).

La presente norma técnica ambiental es dictada bajo el amparo de la ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la prevención y Control de la Contaminación Ambiental y se somete a las disposiciones de éstos, es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional. La presente norma técnica determina o establece: a) Los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para las descargas en cuerpos de aguas o sistemas de alcantarillado; b) Los criterios de calidad de las aguas para sus distintos usos; y, c) Método y procedimientos para determinar la presencia de contaminantes en el agua.

CAPITULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Zona de estudio

El experimento se realizó en la ciudad de Cuenca – Ecuador, en la empresa de lavado y lubricado de vehículos “TEAM WASH”.



Figura 2 Imagen satelital del sitio



Figura 3 Exterior del sitio

Datos de la empresa

Tabla 1 Ubicación del punto de muestreo

NOMBRE DE LA EMPRESA	LUBRICADORA TEAM WASH
TIPO DE EMPRESA	COMERCIAL PRIVADO
REPRESENTANTE LEGAL	Sr. Henry Renán Córdova Elizalde
FASE DE LA EMPRESA	En operación
LÍMITES DE LA EMPRESA	Av. De las Américas (norte) Av. Mariano Cueva (este) Propiedad Privada (sur)
COORDENADAS	722434.48 m E 9680795.57 m S
SUPERFICIE	1045 m ²
DIRECCIÓN	Av. De las américas y Calle Mariano Cueva

Esta investigación es de tipo experimental, se evaluaron los parámetros físico-químicos de la calidad del agua residual de una lavadora y lubricadora de vehículos, las muestras recogidas fueron filtradas en dos tratamientos, este estudio manipula variables que son: Las independientes: Dosis de hoja de maíz, el tiempo de retención y el volumen de agua a tratar, y las variables dependientes que son los parámetros de descarga de agua residual: grasas y aceites y la demanda química de oxígeno, con el objetivo de identificar la concentración de contaminantes antes y después del filtrado.

3.2 Trabajo de campo

Basado en (Murillo Chica 2020) para el cumplimiento del objetivo de la investigación se planteó un diseño experimental con dos tratamientos de filtrado, uno lento y un rápido, que permita poner a prueba la hoja de maíz en la remoción de grasas y aceites en cada muestra.

3.2.1 Variables

Según el tipo de estudio se definen las siguientes variables:

Variable independiente

- Dosis hoja de maíz
- Volumen de agua

Tiempo de retención: Para T1= 1min, T2= 60 min

Variable dependiente

- DQO
- Grasas y aceites

3.2.2 Sistemas de filtrado

Tabla 2 Sistema de filtrado lento

SISTEMA DE FILTRADO LENTO				
TRATAMIENTO	DOSIS en relación a un volumen de 1000 ml	VOLUMEN DE AGUA (ml)	TIEMPO DE REPOSO (min)	REPETICIONES
Blanco	-	1000	0	5
T1	50%	1000	60	5

Tabla 3 Sistema de filtrado rápido

SISTEMA DE FILTRADO RÁPIDO				
TRATAMIENTO	DOSIS en relación a un volumen de 1000 ml	VOLUMEN DE AGUA (ml)	TIEMPO DE REPOSO (min)	REPETICIONES
Blanco	-	1000	0	5
T2	50%	1000	1	5

3.2.3 Toma de muestras

- En los días de la semana lunes, martes y miércoles se recogieron muestras en los horarios de 8H00 am, 9h00 am, 10h00 am.
- Se recogieron 3 litros en botellas de 1000 ml para cada análisis T0, T1, T2, este paso se repite los 5 días.
- Recogidas las muestras en los recipientes de plástico, se trasladaron al laboratorio para su filtrado y análisis.
- La toma de muestras se realizó de acuerdo a la guía metodológica INEN (2013). agua calidad del agua muestreo, manejo y conservación de muestras, para la toma y análisis de las muestras de agua, los parámetros analizados serán: DQO, grasas y aceites.

3.2.4 Análisis físico químico

d. Grasas y aceites

Extracción de grasas y aceites Se define como aceites y grasas a cualquier material recuperado como sustancia soluble en hexano. Para este análisis se realizó una extracción sólido – líquido, siendo el filtro de papel el agente sólido que es regado con el solvente hacia el vaso para la extracción de las grasas y aceites.

- Se organizan 3 muestras de agua: C agua sin tratar, T1 filtrado rápido, y T2 filtrado lento
- Se preparó cada muestra con 100 ml de agua en la probeta y se procede a filtrar en papel mediante una bomba de vacío en un kitasato, posterior se colocan los filtros de papel en el horno para eliminar líquido sobrante.
- Se procede a pesar los vasos donde se coloca el solvente.
- Se agrega 50 ml de hexano en cada vaso para cada muestra.
- Se colocan los filtros de papel dentro de cartuchos y los vasos con el solvente en el equipo soxhlet durante 3 horas para su extracción.
- Transcurrido el tiempo, los vasos se deben enfriar en el desecador
- Se pesó nuevamente los vasos y comparar
- Para la determinación de grasas y aceites a partir del peso de los vasos, se aplicó la fórmula: (Bojaca 2007).

$$GyA \left(\frac{mg}{L} \right) = \frac{Pf - Pi}{V} * 10^6$$

GyA = Grasas y Aceites

Pf = Peso final del vaso

Pi = Peso inicial del vaso

V = Volumen de muestra analizada



Figura 4 Equipo Soxhlet para la determinación de grasas y aceites



Figura 5 Peso inicial de muestra T0 día 2

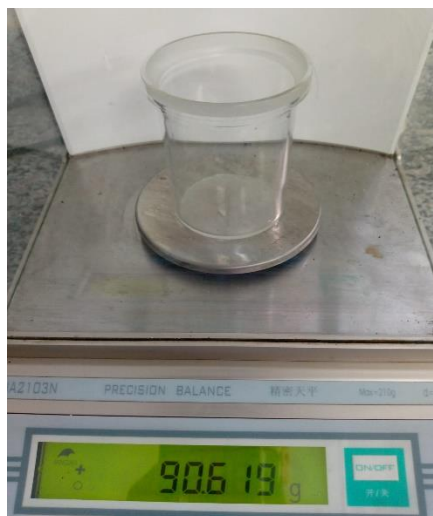


Figura 6 Peso final de muestra T0 día 2

Tabla 4 *Peso de vasos para análisis de grasas y aceites*

	Tratamiento	Peso inicial	Peso final
DÍA 1	T0	87,169 g	87,189 g
	T1	87,177 g	87,183 g
	T2	87, 175 g	87,179 g
DÍA 2	T0	90,607 g	90,619 g
	T1	85,122 g	85,125 g
	T2	84,727 g	84,729 g
DÍA 3	T0	85,111 g	85,114 g
	T1	87,162 g	87,164 g
	T2	84,723 g	84,724 g
DÍA 4	T0	90,615 g	90,618 g
	T1	84,729 g	84,730 g
	T2	85, 131 g	85,131 g
DÍA 5	T0	85,120 g	85,126g
	T1	84,175 g	84,179 g
	T2	90,615 g	90,617 g

e. Demanda química de oxígeno

DQO, es un indicador que representa la cantidad de contaminantes presentes en el agua. En otras palabras, se trata de una medida en la que la materia orgánica susceptible de oxidación se expresa como una cantidad equivalente de oxígeno. Esta evaluación acelera de manera artificial la descomposición biológica de los microorganismos, aplicando una oxidación forzada.

Se organizaron 3 muestras de agua: C agua sin tratar, T1 filtrado rápido, y T2 filtrado lento

- Para cada análisis se utilizaron 4 viales, 3 de ellos con muestras de agua y uno blanco.
- La muestra en blanco se preparó con 2 ml de agua destilada en una pipeta.
- Para preparar cada una de las muestras se midió con una pipeta 2 ml de agua de cada tratamiento y se agregó en el vial de rango alto 20 – 1500 mg/L.
- Se colocaron en el equipo Termo reactor a 80 °C durante 120 minutos
- Se dejaron en reposo para enfriar
- Para finalizar se tomaron los datos reflejados en espectrofotómetro en unidades de mg/L.



Figura 7 Muestras en Termo reactor



Figura 8 Muestra en espectrofotómetro

3.2.5 Materiales:

- Computadora
- Marcadores
- Mascarillas
- Guantes
- Pinzas
- Libreta de apuntes
- Balanza analítica
- Tamiz
- Vasos de precipitación
- Fiola
- Embudo de Vidrio
- Cápsulas de porcelana
- Envases de plástico
- Kitasato de 500 ml
- Bomba de vacío
- Desecador
- Probeta
- Filtro de papel
- Envases de plástico

Materia prima:

- Hoja de maíz
- Aguas residuales

3.2.6 Equipos

Tabla 5 Lista de equipos

PARÁMETROS	MÉTODO	EQUIPO	TÉCNICA
DQO	TERMO REACTOR	TERMOREACTOR ESPECTROFOTÓMETRO	5220-D E.M.
GRASAS Y ACEITES	EXTRACCIÓN SÓLIDO- LÍQUIDO	SOXHLET	5520 EM

3.2.7 Tratamientos

Para el filtrado rápido: se agregó hoja de maíz triturada en una botella de capacidad de 1000 ml a un volumen del 50% y mediante caída se deja pasar el agua residual hacia un recipiente donde se recogieron las aguas para su posterior caracterización.

Figura 9 T1 filtrado rápido



Para el filtrado lento: Se dejó reposar la muestra con la hoja de maíz triturada a un volumen del 50% en un litro de agua residual, una hora de reposo $T = 60$ min, y se procedió a su caracterización.

Figura 10 T2 filtrado lento



3.2.8 Plan de difusión ambiental

El plan de difusión manifiesta los datos resultantes de los análisis realizados de grasas y aceites en aguas residuales provenientes de la empresa "TEAM WASH", se realizará considerando las actividades que generan mayor contaminación de grasas y aceites, con el fin de presentar el tratamiento con mayor eficacia.

Para la realización del plan se definen las variables que son:

Actividades: lavado de vehículos, aseo de manos limpieza de materiales.

Descripción: de las actividades generadoras de contaminación.

Responsable: el operador de la actividad.

Impacto: generación de aguas residuales contaminadas con grasas y aceites.

Propuesta: agregar maíz triturado al punto desagüe, mediante un tratamiento de filtrado rápido (T1) o de tratamiento de 60 minutos de reposo (T2) previo a la descarga hacia el alcantarillado.

Aplicación del tratamiento: describe la manera de aplicar el tratamiento en función de la actividad.

Disposición final: el material contaminado con grasas y aceites se deposita en un recipiente de almacenamiento temporal, el mismo es empleado para la recolección de filtros de aceite, envases, y plásticos contaminados.

Presentación: mediante los datos obtenidos del mejor tratamiento que logre remover la mayor concentración mg/L de grasas y aceites de las aguas residuales de la empresa "TEAM WASH".

CAPITULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Evaluación de parámetros día 1

Miércoles 20 de Diciembre 2023

La muestra de agua sin tratar (T0) recogida presenta una contaminación superior al límite máximo permisible, con la aplicación del tratamiento T1 hubo disminución del 70 % de grasas y aceites y con T2 una disminución del 80 % llegando a un número inferior al límite máximo permisible, con respecto a la demanda química de oxígeno en la muestra sin tratar, esta tiene una concentración superior a la normativa, con los tratamientos T1 y T2 se observa un aumento en la concentración de DQO.

Tabla 6 Concentración de contaminantes día 1

Tratamiento	Tiempo (minutos)	Grasas y Aceites mg/L	DQO mg/L
T0	N/A	200	8963
T1	1	60	>15000
T2	60	40	>15000
LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE mg/L		70	500

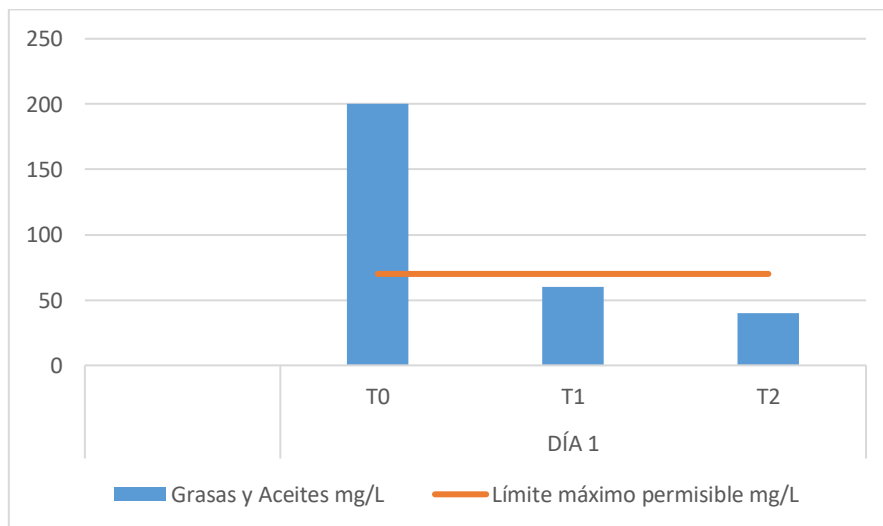


Figura 11 Resultados Día 1 Parámetro: grasas y aceites

4.2 Evaluación de parámetros día 2

Martes 26 de diciembre de 2023 (día de lluvia)

En esta figura la muestra de agua sin tratar (T0) nuevamente presenta una concentración elevada y superior a la normativa, los tratamientos de filtrado T1 y T2 presentan una disminución del 75 % y el 83,3 % respectivamente, el parámetro DQO en la muestra de agua sin tratar es inferior a la normativa aunque los tratamientos T1 y T2 generan un aumento considerable llegando a valores superiores a >15000 mg/L.

Tabla 7 Concentración de contaminantes día 2

Tratamiento	Tiempo (minutos)	Grasas y Aceites mg/L	DQO mg/L
T0	N/A	120	79
T1	1	30	9802
T2	60	20	>15000
LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE mg/L		70	500

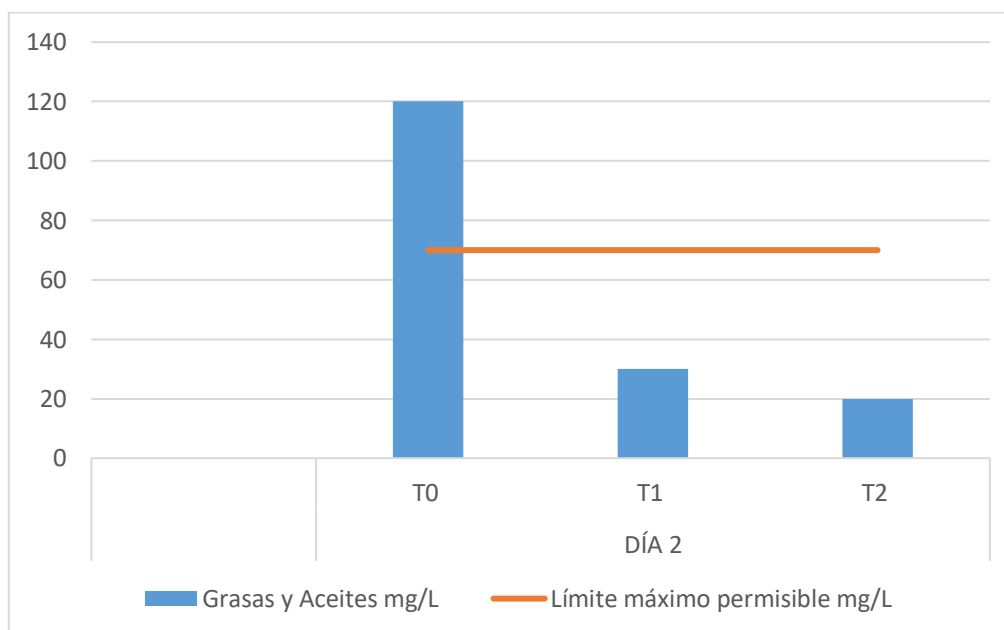


Figura 12 Resultados Día 2 Parámetro: grasas y aceites

4.3 Evaluación de parámetros día 3

Miércoles 27 de diciembre de 2023 (día de lluvia)

La figura muestra que la concentración de el agua sin tratar no sobrepasa el límite permisible de la normativa al igual que las muestras de los tratamientos de filtrado, se observa una disminución con cada aplicación: en T1 disminuye 33 % y T2 un 67 %. La demanda química de oxígeno en la muestra de agua sin tratar es inferior a 500 mg/L y aumenta la concentración con el filtrado.

Tabla 8 Concentración de contaminantes día 3

Tratamiento	Tiempo (minutos)	Grasas y Aceites mg/L	DQO mg/L
T0	N/A	30	148
T1	1	20	9945
T2	60	10	10080
LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE mg/L		70	500

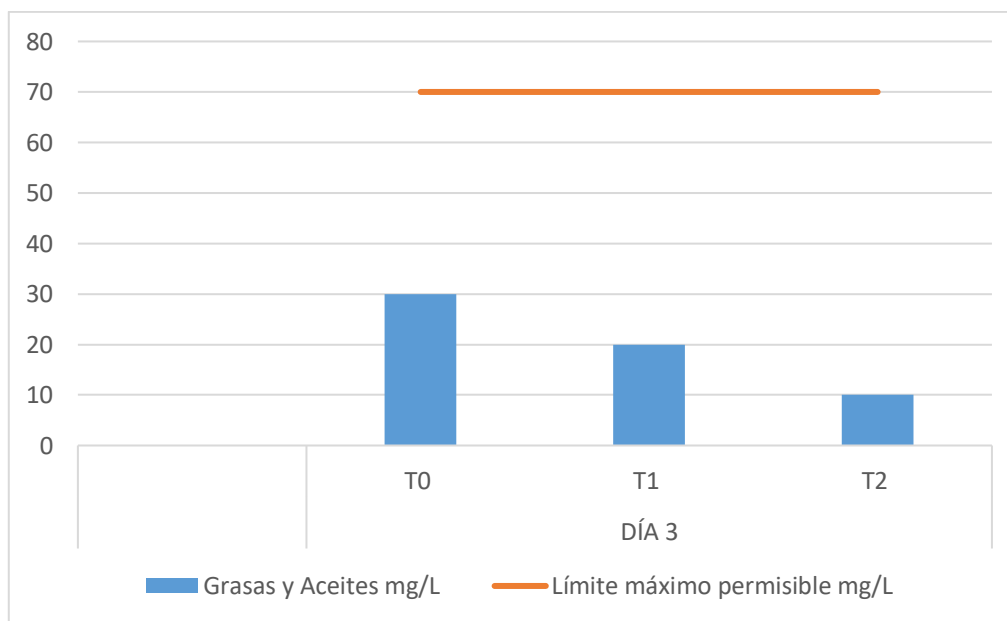


Figura 13 Resultados Día 3 Parámetro: grasas y aceites

4.4 Evaluación de parámetros día 4

Martes 02 de enero de 2024 (día de lluvia)

La figura muestra una concentración del contaminante inferior al límite permisible, el tratamiento de filtrado rápido (T1) muestra disminución en la concentración, mientras que el tratamiento de filtrado lento (T2) la concentración disminuye hasta cero. La Figura 13 presenta valores de la demanda química de oxígeno DQO son superiores al límite permisible, y los tratamientos aumentan considerablemente la concentración de contaminantes, superando los >15000 mg/L.

Tabla 9 Concentración de contaminantes día 4

Tratamiento	Tiempo (minutos)	Grasas y Aceites mg/L	DQO mg/L
T0	N/A	30	593
T1	1	10	>15000
T2	60	0	>15000
LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE mg/L		70	500

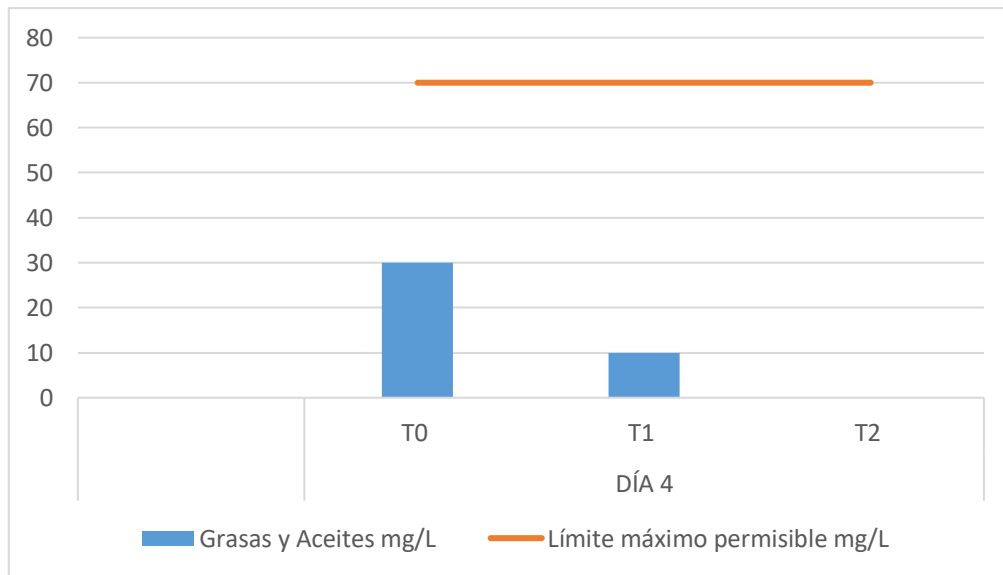


Figura 14 Resultados Día 4 Parámetro: grasas y aceites

4.5 Evaluación de parámetros día 5

Miércoles 03 de enero de 2024

La muestra de agua sin tratar (T0) presenta valores superiores con respecto a los tratamientos de filtrado T1 y T2 que disminuyen la concentración del contaminante, los valores de las 3 muestras son inferiores a los límites de descarga permisibles, La Figura 12 muestra valores de DQO superiores a >15000 en los tratamientos T1 y T2, mientras que la muestra de agua sin tratar (T0) no sobrepasa los 70 mg/L.

Tabla 10 Concentración de contaminantes día 5

Tratamiento	Tiempo (minutos)	Grasas y Aceites mg/L	DQO mg/L
T0	N/A	60	236
T1	1	40	>15000
T2	60	20	>15000
LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE mg/L		70	500

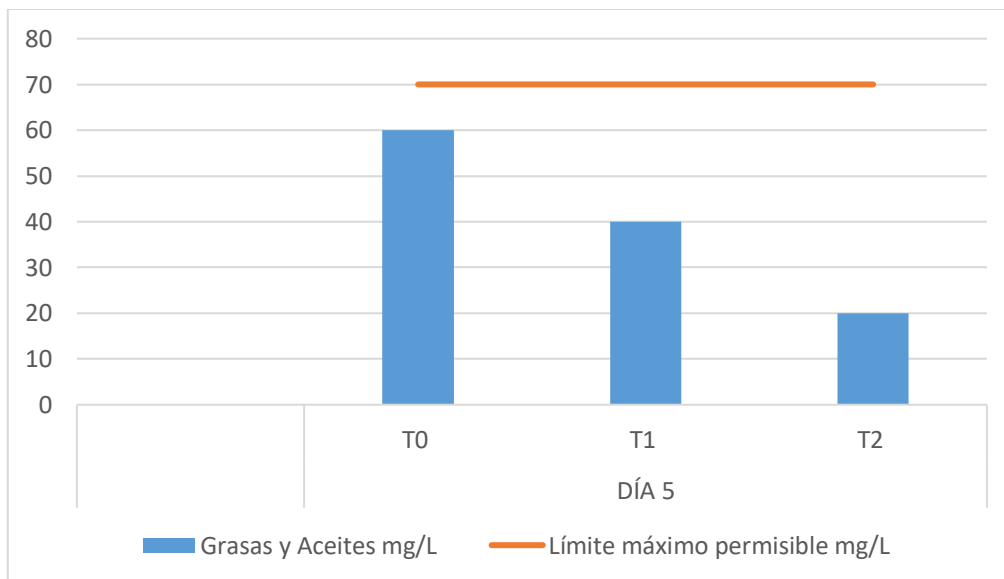


Figura 15 Resultados Día 5 Parámetro: grasas y aceites

4.1 Tratamiento con mejores resultados

El tratamiento de filtrado lento (T2) con tiempo de retención de 60 minutos presenta niveles más bajos de concentración de grasas y aceites en las 5 repeticiones reduciendo hasta un 80 % el contaminante.

Tabla 11 Tratamiento con mejores resultados

	T0	T2
DÍA 1	200 g	40 g
DÍA 2	120 g	20 g
DÍA 3	30 g	10 g
DÍA 4	30 g	0 g
DÍA 5	60 g	20 g

Tabla 12 Resumen de resultados

	Tratamiento	Tiempo (minutos)	Demanda química de oxígeno mg/L	Grasas y Aceites mg/L
	T0	0	8963	200
DÍA 1	T1	1	15000	60
	T2	60	15000	40
	T0	0	79	120
DÍA 2	T1	1	9802	30
	T2	60	15000	20
	T0	0	148	30
DÍA 3	T1	1	9945	20
	T2	60	10080	10
	T0	0	593	30
DÍA 4	T1	1	15000	10
	T2	60	15000	0
	T0	0	236	60
DÍA 5	T1	1	15000	40
	T2	60	15000	20

4.2 Análisis de parámetros físico químicos

4.2.1 Demanda química de oxígeno

Los análisis de DQO durante el tiempo presentan un aumento de la concentración en las muestras tratadas con el medio filtrante, esto debido a que la muestra filtrada no tuvo otro tratamiento que pueda disminuir la materia orgánica agregada por el filtrado a base de hoja de maíz, los valores de las muestras de agua sin tratar (T0) presentan valores inferiores al límite permisible de descarga 70 mg/L con excepción del día 1.

Tabla 13 Resultados DQO

	T0	T1	T2
Día 1	8953 mg/L	>15000 mg/L	>15000 mg/L
Día 2	79 mg/L	9802 mg/L	>15000 mg/L
Día 3	148 mg/L	9945 mg/L	10080 mg/L
Día 4	593 mg/L	>15000 mg/L	>15000 mg/L
Día 5	236 mg/L	>15000 mg/L	>15000 mg/L

La siguiente figura muestra la diferencia del color en los reactivos, esto debido a diferentes concentraciones de contaminantes presentes en las muestras, la materia orgánica oscurece el color de la muestra.

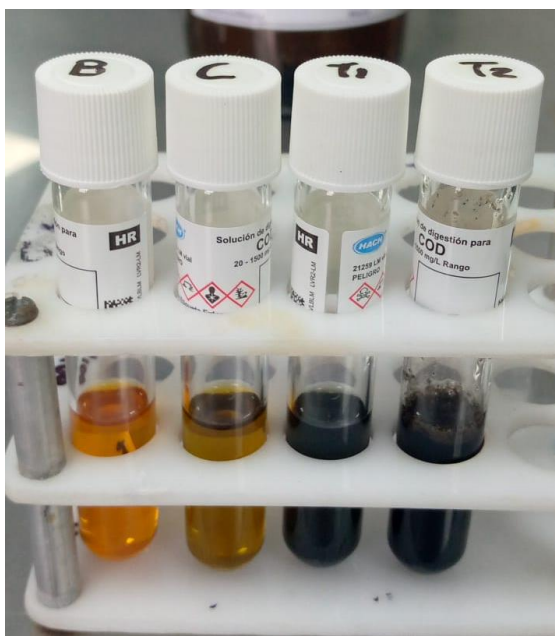


Figura 16 Muestras DQO

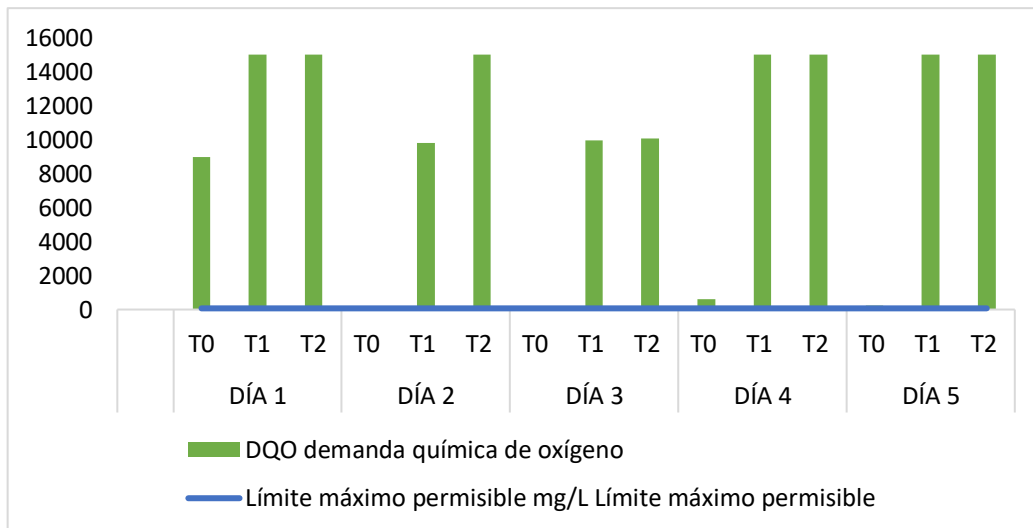


Figura 17 Resultados DQO

Los ensayos realizados para obtener la DQO, evidencian que las muestras de agua sin tratar (T0) no superan al límite permisible, excepto los días 1 y 4, la demanda química de oxígeno aumenta su concentración posterior al filtrado, en contraste, el autor (Guilcamaigua Anchatuña et al. 2019) consigue una disminución en su concentración de > 90%. en la DQO utilizando corteza de naranja, otro material de origen orgánico que ha demostrado su capacidad para remover contaminantes en aguas residuales.

Parámetro	Equipo	Unidad	Valor
Turbiedad	Turbidimetro HACH	NTU	454
DQO	-	mg/l	199729
Ph	Multi Meter	-	-
Aceites y grasas	-	mg/l	87000

Figura 18 Caracterización de muestra de agua sin tratar

Parámetro	Equipo	Unidad	Valor
Turbiedad	Turbidimetro HACH	NTU	7
DQO	-	mg/l	265
pH	Multi Meter	-	6.52
Aceites y grasas	-	mg/l	1

Figura 19 Muestra de agua filtrada a base de corteza de naranja

4.2.2 Grasas y aceites

Los autores (Navas 2017) y (Sánchez 2017) usan materiales orgánicos para el filtrado de aguas residuales de lavadoras, sus mejores resultados alcanzaron una remoción mayor al 99%, por otra parte la demanda química de oxígeno se reduce con sus tratamientos, logrando una descarga aceptable e inferior a los límites máximo permisibles.

Parámetro	Cáscara de coco (Navas, 2017)			Cascarilla de arroz (Sánchez, 2017)			Normativa (TULSMA) (mg/L)
	Efluente sin tratar (mg/L)	Efluente tratado (mg/L)	Eficiencia (%)	Efluente sin tratar (mg/L)	Efluente tratado (mg/L)	Eficiencia (%)	
DBO	407	194	52.33	476	70	85.29	250
DQO	980	401	59.08	952	140	85.29	500
Aceites y grasas	268	0.058	99.98	9942	16	99.84	70

Figura 20 Calidad del efluente de lavado de vehículos antes y después del tratamiento.

Tabla 14 Resumen de resultados de filtrado a base de hoja de maíz.

	Tratamiento	Tiempo (minutos)	Peso inicial	Peso final	Grasas y Aceites mg/L
DÍA 1	T0	0	87,169 g	87,189 g	200
	T1	1	87,177 g	87,183 g	60
	T2	60	87,175 g	87,179 g	40
DÍA 2	T0	0	90,607 g	90,619 g	120
	T1	1	85,122 g	85,125 g	30
	T2	60	84,727 g	84,729 g	20
DÍA 3	T0	0	85,111 g	85,114 g	30
	T1	1	84,722 g	84,723 g	20
	T2	60	87,162 g	87,164 g	10
DÍA 4	T0	0	90,615 g	90,618 g	30
	T1	1	85,131 g	85,131 g	10
	T2	60	84,739 g	84,740 g	0
DÍA 5	T0	0	90,615 g	90,617 g	60
	T1	1	85,120 g	85,126 g	40
	T2	60	84,175 g	84,179 g	20

4.3 Plan de difusión ambiental

Actividades que generan mayor contaminación por grasas y aceites

- Lavado de vehículos: esta actividad limpia de grasas y aceites, polvos, materia orgánica presente en la parte exterior e inferior del vehículo.
- Aseo de manos: el personal está en constante manipulación de materiales contaminados con grasas y aceites de vehículos
- Limpieza de materiales: posterior a su uso, los materiales para la limpieza son llevados a un punto de agua, donde se les retira grasas y aceites, polvos.

Resultados de los análisis de aguas residuales sin tratar (T0)

	T0
DÍA 1	200 g
DÍA 2	120 g
DÍA 3	30 g
DÍA 4	30 g
DÍA 5	60 g

Resultados de los análisis de tratamiento de filtrado lento (T2)

	T2
DÍA 1	40 g
DÍA 2	20 g
DÍA 3	10 g
DÍA 4	0 g
DÍA 5	20 g

Tabla 15 Plan de difusión ambiental

Actividad	Descripción	Responsable	Impacto	Propuesta	Aplicación del tratamiento
Lavado de vehículos	Consiste en esparcir con una manguera agua y jabón al vehículo, esta actividad limpia de grasas y aceites, polvos, materia orgánica presente en la parte exterior e inferior del vehículo.	Trabajadores de la empresa	Aguas residuales contaminadas con detergentes, grasas y aceites	Se agregará hoja de maíz triturada en el punto desagüe durante 60 minutos en reposo, posterior al tiempo transcurrido liberar la descarga hacia el alcantarillado.	Tratamiento de filtrado lento (T2), se aplica con agua residual en reposo, la hoja de maíz agregada debe ser igual al 50% del volumen del punto de desagüe anterior a la trampa de grasas.
Aseo de manos	El personal está en constante manipulación de materiales contaminados con grasas y aceites de vehículos.	Trabajadores de la empresa	Aguas residuales contaminadas con detergentes, grasas y aceites	En el punto desagüe de lavamanos, se adaptará un filtro con botella de plástico, y agregar hoja de maíz triturada hasta llenar el 50% del envase.	Tratamiento de filtrado rápido (T1), este tratamiento se aplica con agua en circulación, se coloca una botella llena al 50% de hoja de maíz triturada con dirección al punto desagüe del lavamanos.
Limpieza de materiales	Posterior a su uso, los materiales para la limpieza son llevados a un punto de agua, donde se les retira grasas y aceites, polvos.	Trabajadores de la empresa	Aguas residuales contaminadas con detergentes, grasas y aceites	El tanque de agua con jabón que se usará para la limpieza de los materiales, se deberá agregar hoja de maíz triturada, una vez que el turno laboral haya terminado.	Tratamiento de filtrado lento (T2), se aplica con agua residual en reposo, la hoja de maíz agregada debe ser esparcida totalmente en la superficie del tanque, durante 60 minutos.
Disposición final de residuos	El material residual contaminado con grasas y aceites deberá tener un correcto manejo.	Trabajadores de la empresa	Reducción de contaminación por grasas y aceites	El material contaminado con grasas y aceites se depositará en un recipiente de almacenamiento temporal, diferenciado del resto de residuos sólidos.	Una vez utilizada la hoja de maíz, secar y disponer temporalmente en un recipiente de plástico con agujeros.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES

La caracterización demuestra grasas y aceites en las aguas residuales de la empresa "TEAM WASH" que pueden llegar a sobrepasar el límite permisible de descarga hacia el alcantarillado público, los tratamientos T1 y T2 de filtrado a base de hoja de maíz reducen la concentración de grasas y aceites.

Los tratamientos T1 y T2 disminuyeron las concentraciones entre un 30 % y un 80%, se puede decir que el tratamiento T2 con reposo de 60 minutos logra una mayor disminución en la concentración de grasas y aceites en el filtrado, siendo el tratamiento con mayor efectividad durante las 5 repeticiones.

La demanda química de oxígeno fue baja en las muestras de agua sin tratar T0, con excepción del día 1, posterior al tratamiento de filtrado T1 y T2 aumenta la concentración de DQO en las muestras, en todas las repeticiones, por lo que se puede decir que la materia orgánica utilizada como medio filtrante agrega contaminación durante el filtrado.

El plan de difusión presenta los resultados de la contaminación por grasas y aceites que se genera en la empresa "TEAM WASH", estas aguas residuales pueden ser tratadas previo a su descarga al alcantarillado público, mediante la aplicación de un filtrado lento (T2) a base de hoja de maíz triturada con un reposo de 60 minutos.

CAPÍTULO VI

6. RECOMENDACIONES

Se recomienda el filtrado para aguas residuales de lavadoras de vehículos, debido a la contaminación por grasas y aceites que generan estas empresas, y por la eficacia del tratamiento de filtrado lento (T2) a base de hoja de maíz que se mostró en este estudio.

El desarrollo de nuevos sistemas de tratamiento para aguas residuales contaminadas con grasas y aceites es importante, ya que en la caracterización físico química que se hizo sobre los tratamientos de filtrado T1 y T2 se pudo observar la disminución de grasas y aceites, y por otro lado un aumento considerable en la demanda química de oxígeno.

Es importante recomendar un tratamiento posterior al filtrado como puede ser coagulación y floculación para la disminución de contaminantes orgánicos agregados durante el filtrado a base de hoja de maíz.

Realizar la propuesta descrita en el plan de difusión, esta actividad llevará a un continuo mejoramiento en los procesos de pre tratamiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguiar, S., & Estrella, M. (2022). Residuos agroindustriales: su impacto, manejo y aprovechamiento. *Revista Científica de Investigación, Docencia y Proyección Social*, 27, 5-10. Obtenido de <https://doi.org/10.26621/ra.v1i27.803>
- Amer, M., Aljariri, J., Ibrahim, S., Qussay, G., Marshall, M., & Al-Ayed, O. (2021). Potential use of corn leaf waste for biofuel production in Jordan (physio-chemical study). *Energy*, 214. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360544220319708>
- Bojaca, R del P. 2007. Determinación de grasas y aceites en aguas por el método soxhlet. *Ideam.s.l.*, s.e. 1–8. p.
- Calderón, H. 2016. Rutas de turismo de aventura para el Aprovechamiento de los atractivos turísticos de la parroquia santiago de químiag, cantón Riobamba. (en línea). Universidad Nacional de Chimborazo :112.
- Canales, F., Plata, D., Cantero, R., Ávila, Y., Díaz, K., Carpintero, J., & Kaźmierczak, B. (2021). Assessment of carwash wastewater reclamation potential based on household water treatment technologies. *Water Resources and Industry*, 26. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212371721000275#bib7>
- Cisterna, P., & Avila, P. (2019). Comparison of Biodegradation of Fats and Oils by Activated Sludge on Experimental and Real Scales. *Water*, 11(6). Obtenido de <https://doi.org/10.3390/w11061286>
- Dadebo, D., Ibrahim, M., Manabu, M., & Nasr, M. (2022). Transition towards Sustainable Carwash Wastewater Management: Trends and Enabling Technologies at Global Scale. *Sustainability*, 14(9). Obtenido de <https://doi.org/10.3390/su14095652>
- Davarnejad, R., Sarvmeili, K., & Sabzehei, M. (2019). Car Wash Wastewater Treatment Using an Advanced Oxidation Process: A Rapid Technique for the COD Reduction of Water Pollutant Sources. *J. Mex. Chem. Soc.*, 63, 164–175.
- Dehghani, M., Ahmadi, S., Ghosh, S., Othmani, A., & Osagie, C. (2023). Recent advances on sustainable adsorbents for the remediation of noxious pollutants from water and wastewater: A critical review. *Arabian Journal of Chemistry*, 16(12). Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878535223007657#b0045>
- Espinoza, P., Martínez, C., & Loor, L. (2023). Technologies employed for carwash wastewater recovery. *Journal of Cleaner Production*, 401. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136722>
- Fayed, M., Shewitah, A., Dupont, R., Fayed, M., & Badr, M. (2023). Treatability Study of Car Wash Wastewater Using Upgraded Physical Technique with Sustainable Flocculant. *Sustainability*, 15(11). Obtenido de <https://doi.org/10.3390/su15118581>
- Ganiyu, S., dos Santos, E., Costa, E., & Martínez-Huitle, C. (2019). Electrochemical advanced oxidation processes (EAOPs) as alternative treatment techniques for carwash wastewater reclamation. *Chemosphere*, 211, 998–1006.
- Ghaly, A., Mahmoud, N., Ibrahim, M., Mostafa, E., Abdelrahman, E., Emam, R., . . . Hatem, M. (2021). Chemical, Physical and Biological Carwash Wastewater Treatments for Water Recycling: Critical and Comparative Analyses. *Adn Envi Was Mana Rec*, 4(2), 78-107.

Obtenido de <https://www.opastpublishers.com/open-access-articles/chemical-physical-and-biological-carwash-wastewater-treatments-for-water-recycling-critical-and-comparative-analyses.pdf>

- Goli, A., Shamiri, A., Khosroyar, S., Talaiekhosani, A., Sanaye, R., & Azizi, K. (2019). A review on different aerobic and anaerobic treatment methods in dairy industry wastewater. *Journal of Environmental Treatment Techniques*, 6(1), 113-141.
- Guilcamaigua, D., Quintero, N., Jiménez, M., & Muñoz, D. (2019). Absorción de aceites y grasas en aguas residuales de lavadoras y lubricadoras de vehículos utilizando absorbentes naturales. *3C Tecnología. Glosas de innovación aplicadas a la pyme*, 8(3), 12-23. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.17993/3ctecno/2019.v8n3e31.12-2>
- INEN. 2013. Agua. Calidad del agua. Muestro. Manejo y Conservación de muestras. *Norma Técnica Ecuatoriana*. . s.l., s.e. 26. p.
- Kazembeigi, F., Baya, S., Nasa, A., Doraghi, M., & Parseh, I. (2023). Techno-environmental study on the consequences of carwash wastewater and its management methods. *Heliyon*, 9(9). Obtenido de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10559047/>
- Kuan, W., Hu, C., Ke, L., & Jung, W. (2022). A Review of On-Site Carwash Wastewater Treatment. *Sustainability*, 14(10). Obtenido de <https://doi.org/10.3390/su14105764>
- Kumari, A., Singh, N., Kumar, A., Kant, R., & Kumar, A. (2022). Options for the Disposal and Reuse of Wastewater Sludge, Associated Benefit, and Environmental Risk. *Sewage Management*. doi: 10.5772/intechopen.109410
- Mallick, S., & Chakraborty, S. (2018). Bioremediation of wastewater from automobile service station in anoxic-aerobic sequential reactors and microbial analysis. *Chem. Eng. J.*, 361, 982–989.
- Martínez, M., Anzaldo, J., Becerra, B., Palacios, H., Vargas, J., & Rentería, M. (2012). Caracterización de hojas de mazorca de maíz y de bagazo de caña para la elaboración de una pulpa celulósica mixta. *Madera bosques*, 18(3). Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-04712012000300004
- Ministerio Del Ambiente. (2010). *Tabla N°9, Libro VI, Anexo 1 del Texto Unificado De Legislación Secundaria Del Ministerio Del Ambiente*.
- Murillo, B. (2020). *EVALUACIÓN DE LA CASCARILLA DE ARROZ (Oryza sativa), CORCHO (Quercus suber) Y CÁSCARA DE BANANO (Musa x paradisiaca) COMO BIOABSORBENTE EN AGUAS DE LUBRICADORA*. UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR. Obtenido de <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/MURILLO%20CHICA%20BRYAN%20ROLANDO.pdf>
- Navas, A. 2017. Análisis de la fibra de coco como material filtrante en el tratamiento de aguas residuales provenientes de la lavadora y lubricadora de autos “Izurieta” ubicada en el cantón Cevallos Provincia de Tungurahua (en línea). s.l., s.e., vol.1. 1–8 p.
- Oghenekome, A., & Ovie, O. (2020). Management of Wastewater from Car Wash sites using locally sourced Natural Coagulants and simple Filtration Process. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 10(12), 621-635. Obtenido de <https://www.ijsrp.org/research-paper-1220/ijsrp-p10872.pdf>

- Pauta, G., María, V., Gutierrez, D., Vázquez, G., Rivera, S., Morales, O., & Abril, A. (2019). Evaluación de la calidad del agua de los ríos de la ciudad de Cuenca, Ecuador. *Maskana*, 10(2), 76-88. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7345331>
- Pfeifer, A., & Skerget, M. (2020). A review: a comparison of different adsorbents for removal of Cr (VI), Cd (II) and Ni (II). *Turk J Chem*, 44(4), 859–883. Obtenido de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7751917/>
- Riera, M., Maldonado, S., & Palma, R. (2018). RESIDUOS AGROINDUSTRIALES GENERADOS EN ECUADOR. *revista Ingeniería Industrial*, 17(3), 227-246. Obtenido de <https://revistas.ubiobio.cl/index.php/RI/article/view/3924>
- Vicuña Ancín, J. M. S. (2024). *El plan de marketing en la práctica*. ESIC editorial.
- Sambath, E., Guruprasath, V., Hariharan, V., & Thenmozhi, K. (2019). Greywater Treatment using Corncob. *International Journal for Scientific Research & Development*, 6(2), 1181-1192. Obtenido de <https://www.ijssrd.com/articles/IJSRDV6I20723.pdf>
- Sarmadi, M., Allah, A., Ghahrchi, M., Sepehrnia, B., Meshkiniane, A., Moein, H., . . . Bazrafshana, E. (2021). Carwash wastewater characteristics - a systematic review study. *Desalination and Water Treatment*, 255, 112–148. doi:10.5004/dwt.2021.26972
- Sánchez, AS. 2017. Análisis de la cascarilla de arroz utilizada como filtro en el tratamiento de aguas residuales provenientes de lavadoras y lubricadoras de autos “polito’s” ubicada en el cantón Tisaleo de la provincia de Tungurahua. s.l., Universidad Técnica de Ambato facultad. 79 p.
- Saurí, D., & Arahuetes, A. (2019). Water reuse: a review of recent international contributions and an agenda for future research. *Doc. d'Analisi Geogr.*, 65, 399-417. doi: 10.5565/rev/dag.534
- Sharma, I. (2020). Bioremediation Techniques for Polluted Environment: Concept, Advantages, Limitations, and Prospects. *Intechopen*, 90453. doi:10.5772/intechopen.90453
- Smarte, I., Adedeji, J., Okiemute, S., & Lewis, S. (2022). Available Technologies for Wastewater Treatment. *Intechopen*, 103661. doi: 10.5772/intechopen.103661
- Sokołowska, J., Gwoździej, J., Jadwiszczak, P., Butarewicz, A., Ofman, P., Wdowikowski, M., & Kaźmierczak, B. (2020). The quality of stored rainwater for washing purposes. *Water*, 252. doi:10.3390/w12010252
- Sudhir, S., & Prasanna, K. (2023). TREATMENT OF WASTEWATER GENERATED FROM AUTOMOBILE SERVICE STATIONS USING CORN COB AS ADSORBENT. *Rasayan J. Chem.*, 16(1), 207-213. Obtenido de https://rasayanjournal.co.in/admin/php/upload/3859_pdf.pdf
- Susaj, E., Kucaj, E., & Susaj, L. (2023). MPACT OF CAR WASH WASTEWATER ON THE SURFACE WATER QUALITY IN SHKOZA, TIRANA, ALBANIA. *Journal of Environmental Protection and Ecology*, 24, 1-9. Obtenido de <https://www.researchgate.net/publication/369227986>
- Talebzadeh, F., Valeo, C., Gupta, R., & Constabel, P. (2021). Exploring the Potential in LID Technologies for Remediating Heavy Metals in Carwash Wastewater. *Sustainability*, 13(16). Obtenido de <https://doi.org/10.3390/su13168727>
- Teresinha, M., Vargas, Í., Juchen, P., Moreno, S., Gonçalves, G., & Zanette, J. (2020). Automotive Wash Effluent Treatment Using Combined Process of

Coagulation/Flocculation/Sedimentation–Adsorption. *Water, Air, & Soil Pollution*, 234(44).
Obtenido de <https://link.springer.com/article/10.1007/s11270-020-04862-x>

- Tony, M., & Lin, L. (2020). Performance of acid mine drainage sludge as an innovative catalytic oxidation source for treating vehicle-washing wastewater. *J. Dispers. Sci. Technol.*, 43, 50–60.
- Torkashvand, J., Pasalari, H., Gholami, M., Younesi, S., Oskoei, V., & Farzadkia, M. (2020). On-site carwash wastewater treatment and reuse: a systematic review. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 1, 1-15. doi:10.1080/03067319.2020.
- Veréb, G., Gayır, V., Santos, E., Fazekas, Á., Kertész, S., Hodúr, C., & László, Z. (2019). Purification of real car wash wastewater with complex coagulation/flocculation methods using polyaluminum chloride, polyelectrolyte, clay mineral and cationic surfactant. *Water Sci. Technol.*, 80, 1902–1909.
- Villota, M. 2015. Obtención De Pulpa Celulósica Através De Hojas De Mazorca De Maíz Para La Elaboración De Papel Blanco (en línea). Scielo.Sld.Cu 2020(2):2021.

ANEXOS

Anexo 1 Recolección de muestra



Anexo 2 Recolección de muestra



Anexo 3 Hoja de maíz triturada



Anexo 4 T1 tratamiento de filtrado rápido



Anexo 5 T2 tratamiento de filtrado lento

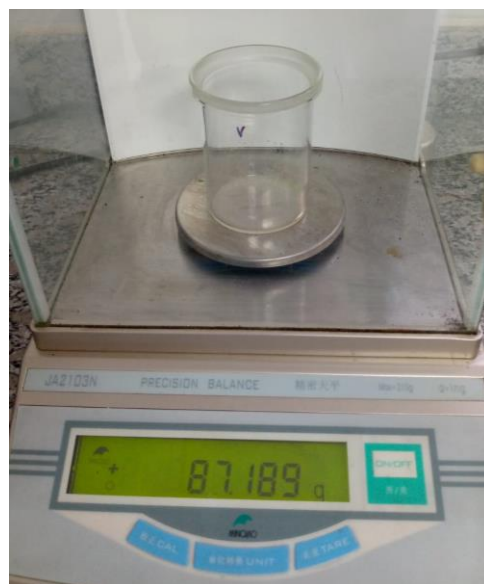
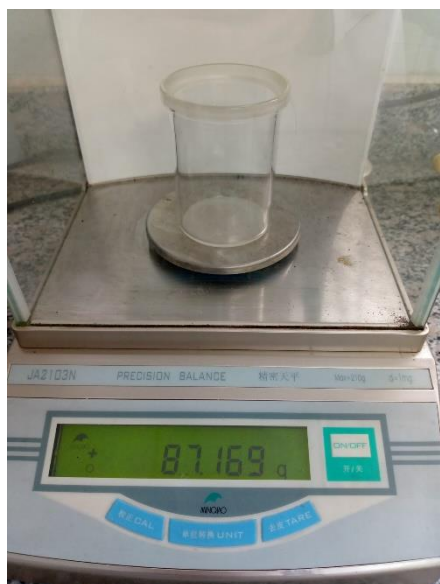


Evidencia digital

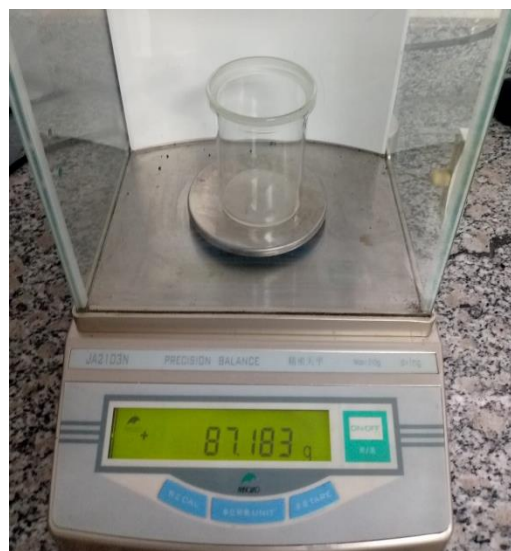
Día 1

Pesado de vasos para análisis de grasas y aceites

Anexo 6 Pesado de vasos T0



Anexo 7 Pesado de vasos T1



Anexo 8 Pesado de vasos T2



DQO

Anexo 9 Análisis en espectrofotómetro T0



Anexo 10 Análisis de DQO en espectrofotómetro T1 y T2



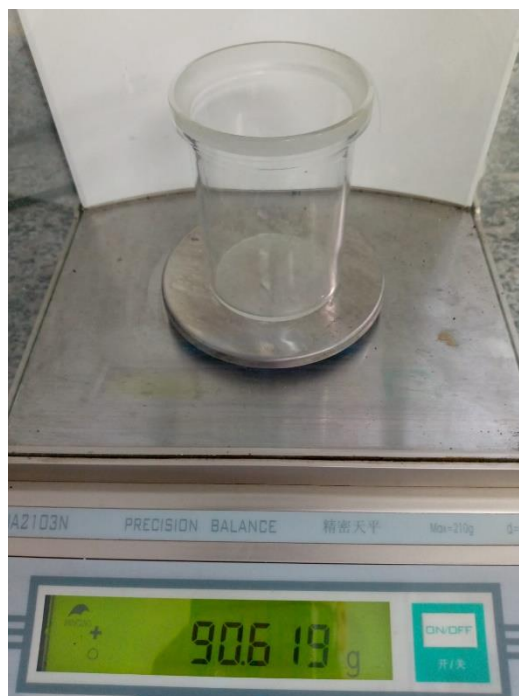
Anexo 11 Muestras en Termo reactor



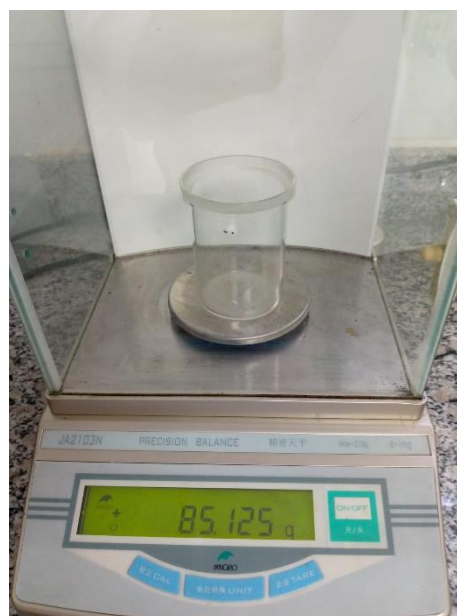
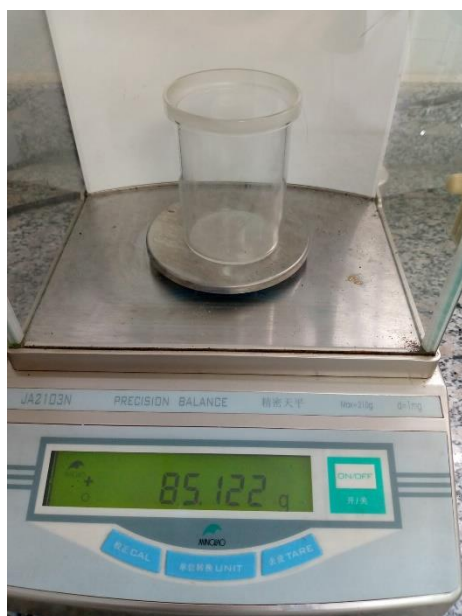
Día 2

Pesado de vasos para análisis de grasas y aceites

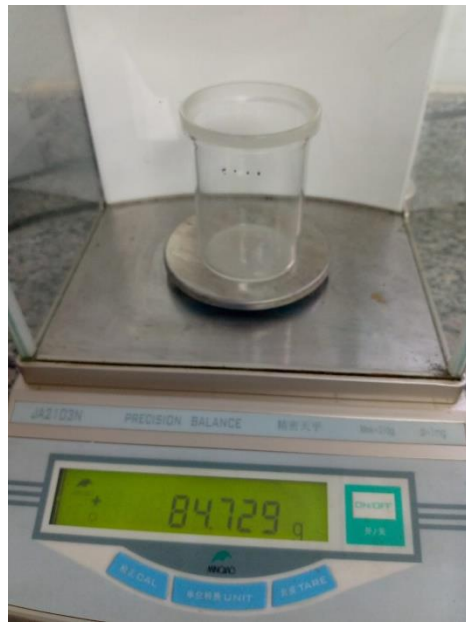
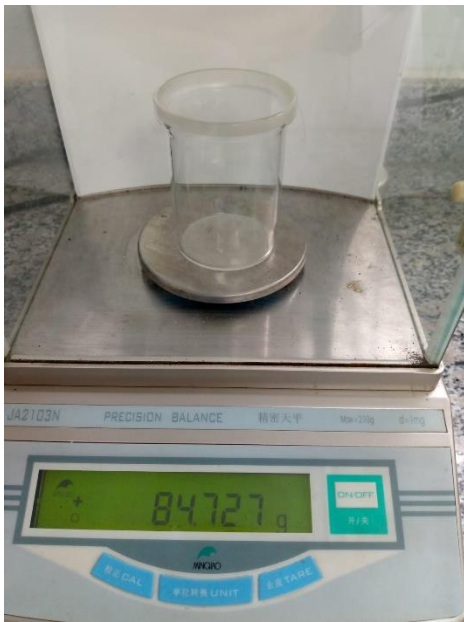
Anexo 12 Pesado de vasos T0



Anexo 13 Pesado de vasos T1



Anexo 14 Pesado de vasos T2



DQO

Anexo 15 Análisis en Espectrofotómetro T0



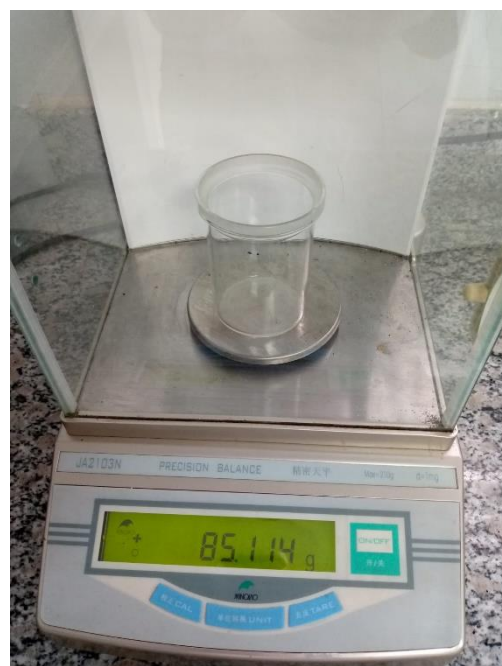
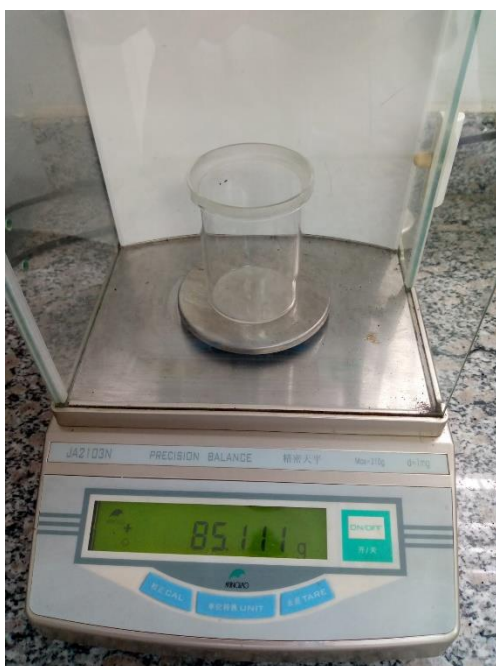
Anexo 16 Análisis de DQO en espectrofotómetro T1 y T2



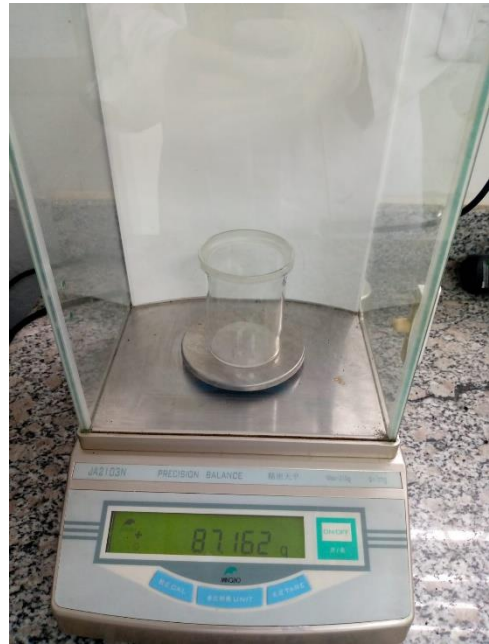
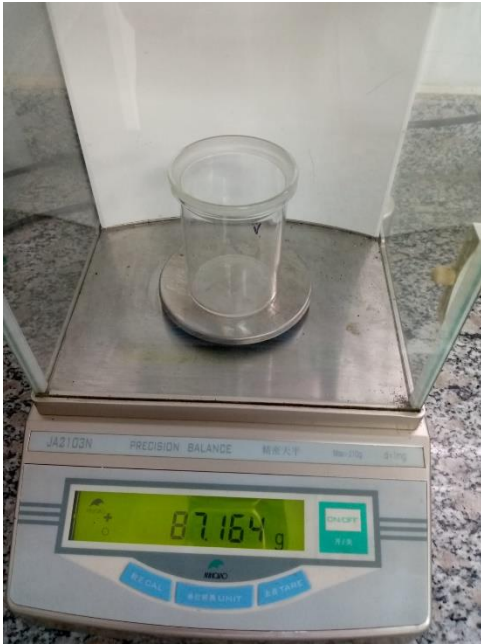
Día 3

Pesado de vasos para análisis de grasas y aceites

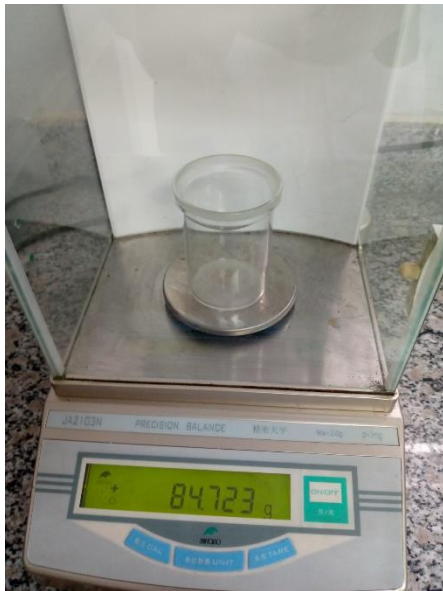
Anexo 17 Pesado de vasos T0



Anexo 18 Pesado de vasos T1



Anexo 19 Pesado de vasos T2



DQO

Anexo 20 Análisis en espectrofotómetro T0



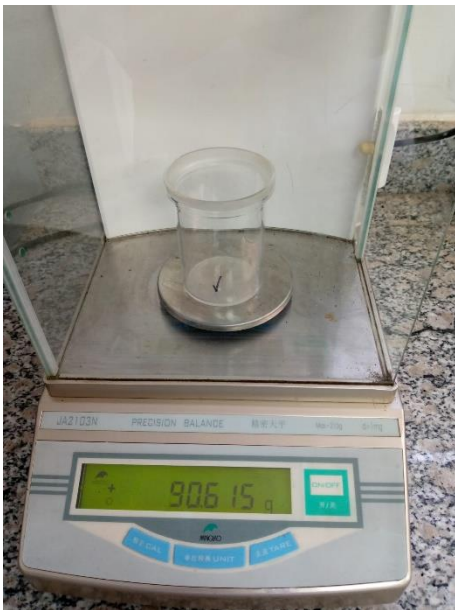
Anexo 21 Análisis de DQO en espectrofotómetro T1 y T2



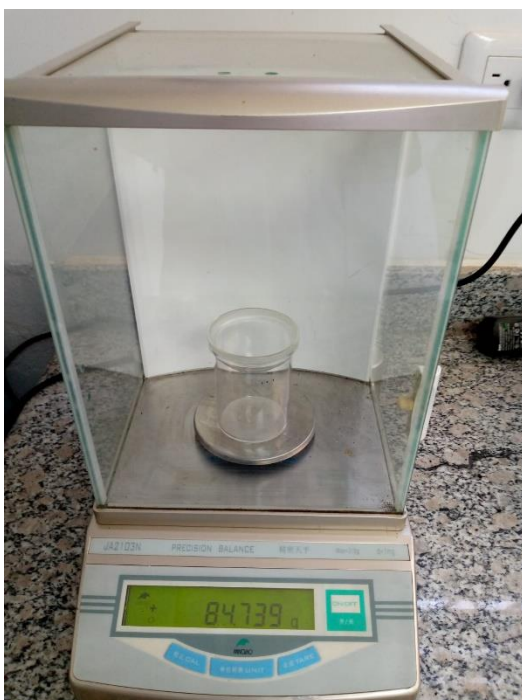
Día 4

Pesado de vasos para análisis de grasas y aceites

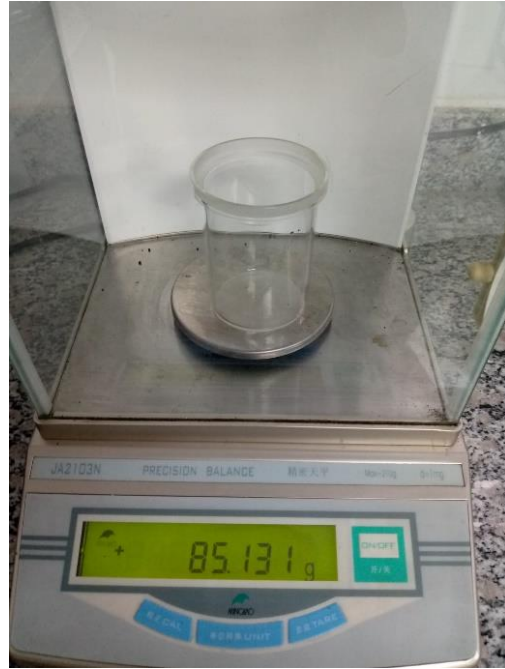
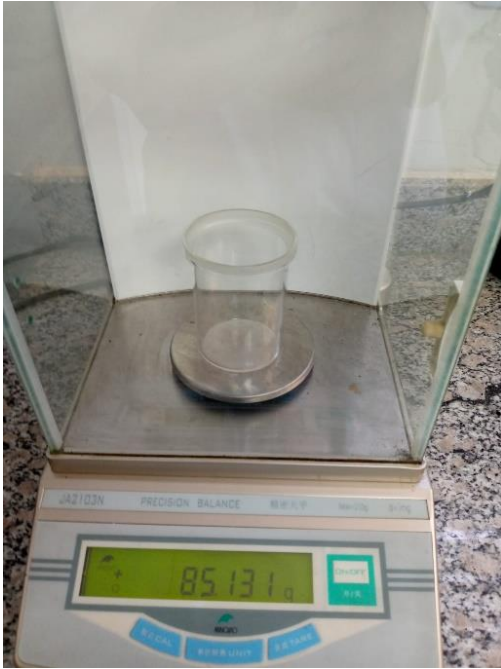
Anexo 22 Pesado de vasos T0



Anexo 23 Pesado de vasos T1



Anexo 24 Pesado de vasos T2

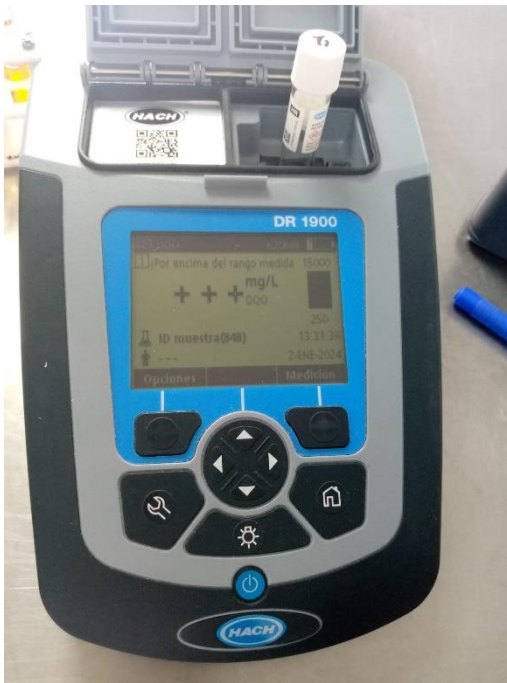


DQO

Anexo 25 Análisis en espectrofotómetro T0



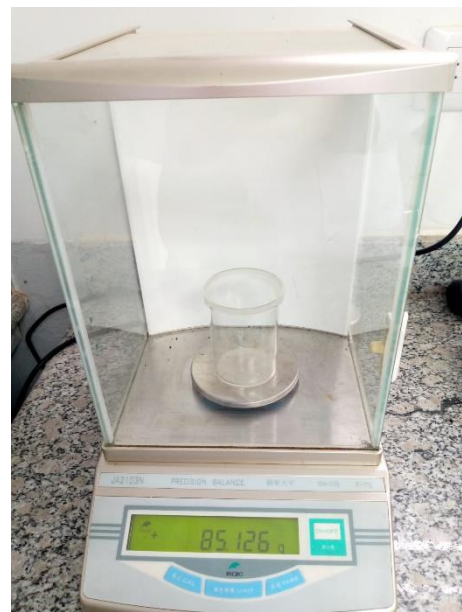
Anexo 26 Análisis de DQO en espectrofotómetro T1 y T2



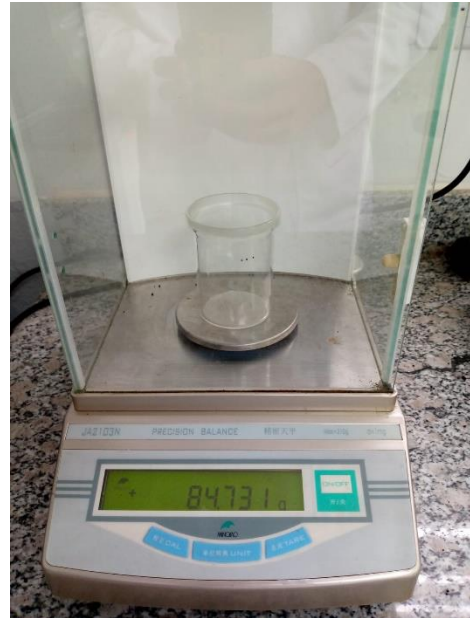
Día 5

Pesado de vasos para análisis de grasas y aceites

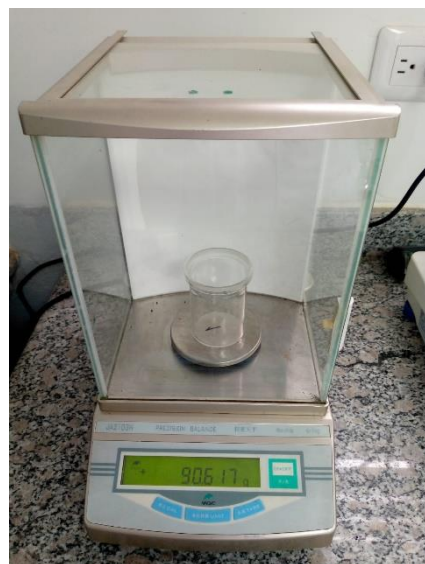
Anexo 27 Pesado de vasos T0



Anexo 28 Pesado de vasos T1



Anexo 29 Pesado de vasos T2



DQO

Anexo 30 Análisis en espectrofotómetro T0



Anexo 31 Análisis de DQO en espectrofotómetro T1 y T2



AUTORIZACION DE PUBLICACION EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Yo, Mario Gonzalo Ortiz Espinosa portador de la cédula de ciudadanía N.º 0105532774. En calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación "Evaluación de grasas y aceites en aguas residuales de lavadora de vehículos "TEAM WASH" mediante filtrado a base de hoja de maíz" de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, Así mismo; autorizo a la Universidad para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 07 de febrero de 2024

F: 

Mario Gonzalo Ortiz Espinosa

0105532774