



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**“Técnicas de remoción de contaminantes en las aguas residuales
de lavaderos de autos”**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERA AMBIENTAL

AUTORAS:

Haro Trujillo, Evely Dealiny (ORCID: 0000-0001-5810-6658)

Ramirez Pablo, Raquel Ines (ORCID: 0000-0002-4730-3880)

ASESOR :

Dr. Cruz Monzón, José Alfredo (ORCID: 0000-0001-9146-7615)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

TRUJILLO – PERÚ

2021

Dedicatoria

El presente trabajo de investigación lo dedicamos principalmente a Dios, por ser nuestra guía y fortaleza para continuar en este proceso educativo de obtener uno de los anhelos más deseados.

A nuestros padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes hemos logrado llegar hasta aquí y convertirnos en lo que somos. Ha sido el orgullo y el privilegio de ser sus hijas, son los mejores padres.

A nuestros hermanos por estar siempre presentes, acompañándonos y por el apoyo moral, que nos brindaron a lo largo de esta etapa de nuestras vidas.

A todas las personas que nos han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

Las autoras.

Agradecimiento

Agradecemos a Dios por sus bendiciones, por guiarnos a lo largo de nuestra existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

Gracias a nuestros padres: Natividad Trujillo Matos; y a María, Jorge y David (hermano) por ser los principales promotores de nuestros sueños, por confiar y creer en nuestras expectativas, por los consejos, valores y principios que nos han inculcado.

Agradecemos a nuestros docentes de la Escuela de ingeniería ambiental de la universidad Cesar Vallejo sede- Trujillo, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de nuestra profesión, de manera especial, al Dr. Cruz Monzón, José Alfredo asesor de nuestro proyecto de investigación quien nos ha guiado con su paciencia, y su rectitud como docente.

Las autoras.

Índice de Contenidos

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de Tablas.....	v
Índice de Figuras.....	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA.....	11
3.1. Tipo y Diseño de Investigación	11
3.2. Categorías, Subcategorías y matriz de categorización.....	11
3.3. Escenario de estudio.....	12
3.4. Participantes.....	12
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	13
3.6. Procedimiento	13
3.7. Rigor científico.....	17
3.8. Método de análisis de datos.....	17
3.9. Aspectos éticos	18
IV. RESULTADOS	19
V. CONCLUSIONES.....	43
VI. RECOMENDACIONES	44
REFERENCIAS	45
ANEXOS.....	54

Índice de Tablas

Tabla 1. Criterio de inclusión para selección de artículos de investigación	13
Tabla 2. Recopilación de información	15
Tabla 3. Remoción de sustancias indeseables en agua residual según la técnica aplicada.	19
Tabla 4. Evaluación de los contaminantes segun el método de tratamiento.	23
Tabla 5. Rangos de remoción para los SST	24
Tabla 6. Rangos de remoción de la DQO	25
Tabla 7. Rangos de remoción en la turbidez.	27
Tabla 8. Rangos de remoción de los tensioactivos.	29
Tabla 9. Rango y nivel del pH.....	30
Tabla 10. Remoción de contaminantes segun el método biológico.....	33
Tabla 11. Rangos de Remoción de los SST - método biológico	33
Tabla 12. Rangos de Remoción del DQO - método biológico.....	34
Tabla 13. Rangos de remoción de la turbidez - método biológico.....	35
Tabla 14. Rangos y niveles del pH – método biológico.....	36
Tabla 15. Nivel de remoción alto	38
Tabla 16. Niveles del pH	38
Tabla 17. Técnicas con niveles de porcentajes altos	39
Tabla 18. Mejores porcentajes de remoción de contaminantes	41

Índice de Figuras

Figura 1. Sedimentación o decantación primaria	9
Figura 2. Floculación.....	10
Figura 3. Proceso de búsqueda	15
Figura 4. Remoción de los SST.	24
Figura 5. Remoción del DQO	26
Figura 6. Remoción de turbidez	28
Figura 7. Remoción de los tensioactivos	30
Figura 8. Remoción de pH	31
Figura 9. Remoción de los SST – método biológico.....	34
Figura 10. Remoción del DQO – método biológico.....	34
Figura 11. Remoción de la turbidez - método biológico	35
Figura 12. Niveles del pH – método biológico.....	36

Resumen

El presente trabajo de investigación se realizó mediante una revisión sistemática la cual buscó evaluar las mejores técnicas de remoción del DQO, sólidos suspendidos totales (SST), tensioactivos (TA), turbidez (TB) e identificar los mejores niveles de pH en las aguas residuales de los lavaderos de autos. Esta investigación se llevó a cabo debido a la escasez de este recurso, de tal manera al aplicar una excelente técnica evitaría el costo que pagan por el agua utilizada, asimismo influiría a que se realice trabajos con objetivos a una reutilización y en cierta forma se evitaría generar problemas ambientales. Esta investigación fue cualitativa y para llevar a cabo esta investigación se hizo uso de una herramienta básica que es Microsoft Excel donde se incluyó la información de los 16 artículos y para obtener los porcentajes de remoción de cada técnica, se aplicó una fórmula de concentración de porcentaje de remoción, asimismo se hizo uso de la ficha de instrumento de recolección de datos la cual facilitó la información, logrando obtener como resultado a las mejores técnicas de Coagulación – Floculación -Sedimentación - Filtración de arena con un porcentaje de remoción para el DQO de un 97.9%, para el TB 99.9% y un pH de 7 y como segunda técnica fue el Biorreactor de Membrana (MBR) - Coagulación – Ozonificación con un porcentaje de remoción para los SST de 100%, para el DQO con un 92.0% y un pH de 7, obteniendo porcentajes de remoción eficientes para el tratamiento de estas aguas residuales de lavaderos de autos.

Palabras claves: Remoción, DQO, coagulación, tensioactivos, aguas residuales de lavaderos de autos.

Abstract

The present research work was carried out through a systematic review which sought to evaluate the best techniques for removing COD, total suspended solids (TSS), surfactants (TA), turbidity (TB) and to identify the best pH levels in wastewater. from the car washes. This research was carried out due to the scarcity of this resource, in such a way by applying an excellent technique it would avoid the cost they pay for the water used, likewise it would influence the fact that work is carried out with the objective of reuse and in a certain way it would avoid generate environmental problems. This research was qualitative and to carry out this research a basic tool that is Microsoft Excel was used, where the information of the 16 articles was included and to obtain the removal percentages of each technique, a percentage concentration formula was applied. of removal, also made use of the data collection instrument sheet which facilitated the information, achieving as a result the best techniques of Coagulation - Flocculation -Sedimentation - Filtration of sand with a removal percentage for the COD of a 97.9%, for TB 99.9% and a pH of 7 and as a second technique was the Membrane Bioreactor (MBR) - Coagulation - Ozonation with a removal percentage for TSS of 100%, for COD with 92.0% and a pH of 7, obtaining efficient removal percentages for the treatment of these wastewater from car washes.

Keywords: Removal, COD, coagulation, surfactants, car wash wastewater.

I. INTRODUCCIÓN

El agua desde la antigüedad ha sido un recurso indispensable para las distintas actividades del hombre y en la actualidad no es ajeno a ello, pero el mal uso de esta, conlleva a graves problemas para el ser humano. Sin embargo, la importancia del agua ha pasado a segundo lugar a diferencias de otros temas ambientales. Es por ello que ciertos autores mencionan que solo el 2.5 % de toda el agua, es dulce”; de las cuales el ser humano lo está agotando, debido a la contaminación de este recurso y el mal uso de esta, la cual generan gran preocupación (Flores, 2015, p. 19).

En la actualidad las empresas encargadas del lavado de vehículos se han incrementado de manera significativa en los últimos años, debido al crecimiento del mercado automotor, ocasionando fuertes impactos en el ambiente (Carrasquero, 2015, p.1), debido al consumo excesivo de agua y el desperdicio de esta, haciendo uso de un gran volumen de este recurso, es decir si se usa 150 a 600 L de agua por vehículo, según el tamaño del auto, esto quiere decir que se descargan al menos 10 m^3 de agua al día (Veit MT, 2020, p.1), por lo que genera generan un impacto ambiental significativamente, tanto a que su actividad de lavado se desarrolla de manera doméstica o por un servicio de lavado de autos comercial (Rodríguez, 2016, p. 1).

Por otro lado, estas actividades generan específicamente contaminantes en el agua, como grasas y aceites, sólidos, desinfectantes, restos de hidrocarburos, los líquidos residuales del motor, grasa, carbón, polvo de frenos; así como también solventes y líquidos que sirven para desengrasar, generando un gran impacto negativo en caso sus aguas resultantes sean vertidas a un cuerpo de agua receptor o red de alcantarillado (MOHAMMAD, Sarmadi et al., 2020, p.2). Asimismo, en la parte del motor, todos los sedimentos acumulados fluirán al sistema de alcantarillado e ingresarán al sistema de aguas pluviales sin someterse a tratamiento (Hashim, y Zayadi, 2016, p. 4). Asimismo, otro autor nos menciona otros componentes como

son: tensioactivos, detergente, fosfatos y ácido fluorhídrico (AA Al-Gheethi et al., 2021, p.1). Los diferentes componentes mencionados afectan en gran manera nuestros diversos ecosistemas alterando y deteriorando.

Con el impacto que genera las aguas residuales de los lavaderos de autos, ciertos autores a través de estudios de experimentación han determinado técnicas capaces de tratar las aguas residuales provenientes del proceso del lavado de vehículos. Entre estas técnicas se hallan a: las técnicas físicas, donde se encuentran operaciones como: coagulación, floculación, sedimentación y adsorción; dentro de las técnicas químicas esta las membranas de ultrafiltración. El uso de estas técnicas de tratamiento evitaría el gasto inútil, el agotamiento de este recurso y el impacto ambiental que generaría con el agua residual no tratada (Moazzem, 2017, p.1). Por consiguiente, a través de una evaluación sistemática de los diversos estudios, se buscó las mejores técnicas de tratamiento de las aguas residuales de lavaderos de autos.

Por lo tanto, ante esto el problema de investigación planteado fue: ¿Cuáles son las mejores técnicas de remoción del DQO, sólidos suspendidos totales, tensioactivos y turbidez en las aguas residuales de lavaderos de autos y los mejores niveles de pH? y como problemas específicos se consideran los siguientes: ¿Cuáles son las técnicas que remueven los contaminantes en las aguas residuales de lavaderos de autos? ¿Cuáles son los niveles de remoción de los contaminantes según las técnicas aplicadas? y ¿Cuáles son los mejores porcentajes de remoción de contaminantes según las técnicas aplicadas?

Asimismo, esta investigación tuvo como objetivo general: Evaluar las mejores técnicas de remoción de la DQO, sólidos suspendidos totales, tensioactivos, turbidez e identificar los mejores niveles de pH en las aguas residuales de los lavaderos de autos. Como objetivos específicos fueron los siguientes:

Como objetivo primer objetivo: Evaluar la remoción de la DQO, sólidos suspendidos totales, tensioactivos y turbidez e identificar los mejores niveles de pH en aguas residuales de lavaderos de autos según el tipo de técnicas aplicada, como segundo objetivo específico Evaluar los niveles de remoción de la DQO, sólidos suspendidos totales, tensioactivos y turbidez e identificar los mejores niveles de pH según los métodos aplicadas y como tercer objetivo específico Establecer los mejores porcentajes de remoción de contaminantes según las técnicas aplicadas.

La presente investigación se basó en la búsqueda de las mejores técnicas de tratamiento de las aguas residuales de los lavaderos de autos, con el fin de combatir el tema de la escasez del agua que es esencial para el ser humano y evitar el impacto de sus aguas residuales al medio ambiente, asimismo el reaprovechamiento de este recurso mediante las técnicas de tratamiento. De esta manera se beneficiaría la población y a las empresas de los lavaderos de autos, puesto que se encontraría diversos fines para el agua tratada, a su vez evitarían el costo que pagan por el agua utilizada para el lavado de carros. Con esta investigación busca demostrar una técnica ideal capaz de remover componentes característicos de estas aguas de lavaderos de autos, profundizando conocimientos sobre las diversas técnicas que existen y la búsqueda de la mejor.

Por tanto, en esta investigación se dió a conocer las diferentes técnicas aplicadas para el tratamiento de agua residual de lavaderos de autos y la remoción que cada técnica genera sobre los contaminantes.

II. MARCO TEÓRICO

En esta investigación se presentaron algunos trabajos referentes al tema en desarrollo.

A nivel internacional, se trabajó con un proceso de tratamientos combinados para el tratamiento de aguas residuales de vehículos lavado, estos procesos son: coagulación, floculación, sedimentación y adsorción. Para aplicar estas técnicas de tratamiento se analizó ciertos parámetros como el color, turbidez, sólidos totales, sólidos volátiles, sólidos disueltos totales, demanda química de oxígeno y tensioactivos. Asimismo, se utilizó Tanfloc SG para determinar la influencia de la concentración de coagulante natural en eficiencia de eliminación de color y turbidez. Los resultados mostraron que la cantidad de coagulante ideal es de 220 mg L, donde obtuvo una turbidez de 97.5% y para el caso del color un 92.5%), luego la materia sobrenadante del proceso del C / F / S se traspasó al proceso de adsorción constituido de carbón mineral activado. En esta investigación demostró la eficiencia de trabajos combinados logrando una remoción general eficiente del 97.3% para el color, 98.8% para la turbidez, 92.6% para la demanda química de oxígeno y 97.2% para tensioactivos (Veit MT, 2020, p.1).

Por otra parte, esta investigación tuvo como objetivo investigar varios procesos de tratamiento, de los cuales se mencionan al biorreactor de membrana (MBR), coagulación y ozonización para tratar las aguas residuales de lavado de autos; sin embargo, la técnica de ozonización fue la mejor para tratar productos químicos y los sólidos en suspensión; asimismo la eficacia de remoción fue mejor que la del proceso de coagulación. Una vez adaptado el sistema MBR, se logró eliminar el 100% de sólidos en suspensión, también el 99.2% de DQO, el 97.3% de TOC y el 41% de amoníaco. Por lo tanto, se demostró que MBR es un excelente sistema de tratamiento para reciclar aguas residuales de lavado de autos que podrían reutilizarse en la misma estación de lavado de autos (Rodriguez et al., 2016, p.1).

En otro estudio realizado el objetivo principal es evaluar la eficiencia de la remoción de sólidos y materia orgánica de un sistema de filtro que utiliza macrófitas en flotación a escala de laboratorio, utilizando aguas residuales de un lavadero de autos. Se utilizaron el Jacinto de Agua (*Eichhornia crassipes*) y Lenteja de Agua (*Lemna minor*), el monitoreo se realizó durante 30 días, las concentraciones de DBO5, DQO, SST y SS en el efluente del sistema. Los resultados nos indican que hubo un máximo de 91.11% de remoción de DBO5 y 97.32% de DQO, en los parámetros evaluados (Garavito, 2020, p. 1).

En este trabajo se realizó un método para tratar las aguas residuales del lavadero a través de la coagulación y floculación en base a la Moringa Oleífera y Sulfato Ferroso ($SO_4 \cdot 7H_2O$), teniendo en cuenta que estas aguas presentan contaminantes, como metales pesados. El sistema de tratamiento se realizó a nivel de laboratorio, mediante cuatro etapas, donde incluyen: aireación, coagulación y floculación, sedimentación y filtración. Se utilizó diferentes dosis para la coagulación y floculación (35, 70, 105 y 140 mg/L) de Moringa Oleífera y ($SO_4 \cdot 7H_2O$). A su vez se determinaron parámetros como el pH, oxígeno disuelto (OD), demanda química de oxígeno (DQO) y turbidez (NTU). En conclusión, este tratamiento resultó eficaz al comparar con la regulación EQA 1974 2009 (Estándares A) (AA Al-Gheethi et al., 2016, p.1).

En el presente estudio, las aguas residuales fueron tratadas por diferentes técnicas de coagulación y floculación, para ello utilizaron coagulantes como cloruro de polialuminio (BOPAC), cloruro de hierro (III) convencional, hierro (III) se utilizaron sulfato y cloruro de aluminio (III), mientras que, como floculante no iónico y aniónico, asimismo, usaron mineral de arcilla (bentonita de sodio) y catiónico, también se investigó el tensioactivo (bromuro de hexadeciltrimetilamonio - 'HTABr'). En esta investigación se demostró que el BOPAC resultó ser más eficaz que los coagulantes tradicionales, asimismo el mineral de arcilla favorable con respecto a la

sedimentación, sin embargo, la adición de polielectrolitos mejoró aún más la sedimentación. Además, la adición simultánea de HTABr disminuyó el color significativamente debido al tratamiento *in situ* de bentonita organofílica. Por lo tanto, la aplicación Na-bentonita, BOPAC y polielectrolito resultaron siendo eficientes en la turbidez, la DQO y aceite extraíble con el 98%, 59% y 85%, respectivamente. Aplicando bentonita organofílica en alta concentración (Veréb et al., 2020, p. 1).

La siguiente investigación utiliza diferentes técnicas donde busca evaluar la eficiencia de los sistemas de filtración granular y de membrana haciendo uso de coagulación, floculación y sedimentación en la remoción de contaminantes de las aguas de lavaderos de autos. Para ello determinó ciertos parámetros, donde al aplicar el tratamiento se logró remover los contaminantes. Para la turbidez y sólidos en suspensión, donde se removi6 en un 99.9% y 100% respectivamente, sin embargo, el DQO se elimin6 un 96% después de su tratamiento por coagulación, floculación, sedimentación, filtración de arena, ultrafiltración de cerámica y ósmosis inversa, el cual hace que el agua remediada cumpla con estándares requeridos para la clase A reciclada agua en Australia y normas impuestas en Bélgica y China (Moazzem, 2017, p.1).

Asimismo, en esta investigación se menciona conceptos referentes al tema de investigación.

Los lavaderos son instalaciones que no solo son usadas para el lavado de vehículos, sino también para darles mantenimiento; como cambio de aceite al motor, filtros, frenos y baterías, reparación y reemplazo de llantas en algunos casos cumplen la función de venta de gasolina (Abdel y Asaad, 2014, p.3). Esto a su vez genera un gran impacto por el excesivo desperdicio de agua de un aproximado de 150 a 350 litros, muy aparte de las fugas de aceite y grasa cuando el motor es lavado, lo que indica un claro deterioro del medio ambiente (Hashim y Zayadi, 2016, p.1).

Por otro lado, se define a las aguas residuales como aquellas aguas que son el resultado después de haber sido utilizadas en las diferentes actividades humanas ya sean estas domésticas, industriales, agropecuarias, entre otra; donde su composición inicial ha sido alterada. Estas representan un peligro para el medio ambiente de no ser tratadas (Guamanquispe, 2017, p.12). En estas aguas es característico encontrar componentes como: arena, grava, turbidez sólidos en suspensión, tensioactivos, detergentes, metales pesados, residuos de pintura, materia orgánica, diésel, entre otros (Javad Torkashvand, et al., 2020, p. 2). Sumado a ello, otro autor menciona que también se encuentra presente hidrocarburos, residuos aceitosos y polvos de frenos (Veréb et al., 2020, p. 1).

Por otra parte, mencionamos las características del agua de los lavaderos de autos como son el oxígeno disuelto, la demanda química de oxígeno, aceites y grasas, la demanda bioquímica de oxígeno, turbidez, sólidos disueltos totales, sólidos totales, conductividad y pH (Javad et al., 2020, p. 4).

En definición estos componentes son: sólidos suspendidos totales a la materia que no pasa el filtrado y los sólidos disueltos son aquellos se encuentran mezclados con el agua, es decir resultan ser sólidos que se logran filtrar. (Flores, 2015, p.29). Otro de los componentes que estas aguas presentan son los hidrocarburos totales del petróleo (THP), estos son compuestos de hidrocarburos, donde se encuentran compuestos alifáticos y aromáticos (Guamanquispe, 2017, p.19) A su vez otro parámetro son los aceites y grasas, que en su mayoría no se mezclan con el agua esta provienen del producto como el petróleo como consecuencia de arreglos o lavados; estas llegan a florar y hasta incluso alcanzar la red de drenaje, como otras se adhiere al suelo, dificultando de esta manera su tratamiento, causando un gran impacto en el medio ambiente terrestre y acuático, otro parámetro más son los fenoles, estas provienen de los aceites usados de

motores, residuos de pintura, en restos de disolventes para refinados de aceites, es muy común encontrarlas en aguas residuales (Flores, 2015, p.30). Estos compuestos aparecen por las fugas de los motores, además, las personas hacen mantenimiento sus motores a partir de este producto. (Haz, Kim y Chu, 2018, p. 166)

Cuando hablamos de técnicas de aguas residuales, se refiere a las operaciones físicas, biológicas y químicas, que van a tener la función de eliminar la mayor carga de contaminantes antes de su vertimiento, cumpliendo de esta manera con la normativa estipulada (Albarracín, 2018, p.7).

Como consecuencia se menciona a ciertas técnicas que está conformado por un conjunto de métodos encargadas de realizar un trabajo en específico vinculadas al tratamiento de aguas residuales; estas operaciones fisicoquímicas son: coagulación, electrocoagulación química, sedimentación, adsorción, filtración, carbón activado, membranas de ultrafiltración, ozono, Asimismo las técnicas de fitorremediación (Durna, 2021, p. 2).

En la sedimentación y/o decantación, se define al resultado de la separación de sólidos mediante la gravedad. Está basada en la diferencia de pesos entre el líquido y las partículas que se encuentra en el agua residual (FONAM, 2010, p. 5).

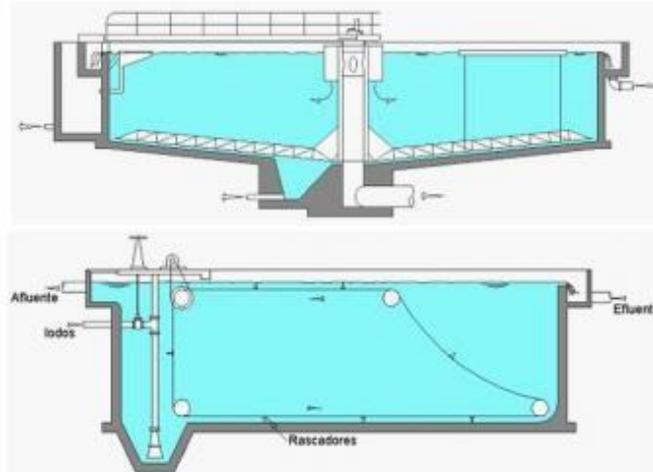


Figura 1. Sedimentación o decantación primaria

(Fuente: Belzona, 2010, p. 11)

Asimismo, se encuentra a la coagulación que consiste en desestabilizar las partículas de aspecto coloidal, que es ocasionada por la suma de un reactivo químico llamado coagulante. Por otro lado, está la floculación que es un proceso donde el líquido y los sólidos llegan a separarse, con el fin de remover las partículas que se encuentran en suspensión. La velocidad, el tiempo y el pH, son factores significativos para el desarrollo de este proceso (FONAM, 2010, p.6). Este proceso es aplicado debido a que el agua residual presenta partículas de polvo, barro y restos de hollín, la cual hace uso de un pretratamiento. (Monney et al., 2020, p.34)

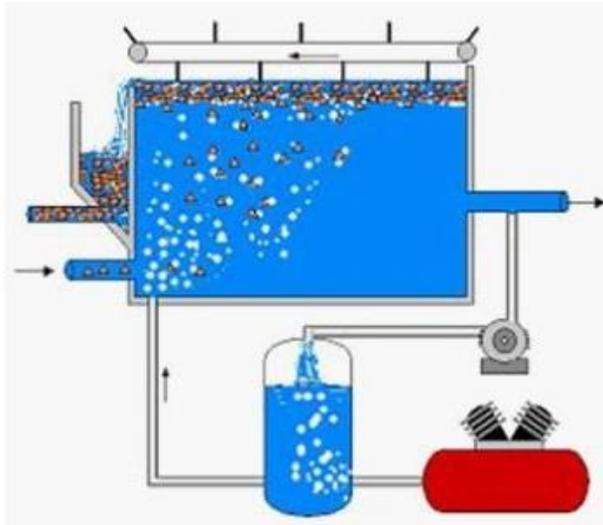


Figura 2. Floculación

(Fuente: Belzona, 2010, p. 12)

Otro de los contaminantes es el desengrasado y desaceitado, al cual consiste en una separación entre líquidos, y el desengrase es la división entre sólidos y líquidos. Para ambos procesos se llega a eliminar por insuflación de aire, con el fin de disolver las grasas y optimizar la flotación (FONAM, 2010, p.4). Es por ello, que es necesario la aplicación de un pretratamiento, puesto que los aceites son difíciles de separar (Ucar, 2018, p.2).

Por último, están los procesos anaeróbicos, las cuales son métodos donde utilizan microorganismos biológicos dentro de un recipiente cerrado, la cual realizan la digestión de la materia orgánica con producción de metano (FONAM, 2010, p.9).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y Diseño de Investigación

El trabajo de investigación fue básico, de enfoque cualitativo. Esta investigación es también llamada “investigación pura, teórica o dogmática” (Hernández, 2014, p. 472), debido a que se recopiló información después de analizar 16 artículos de las revistas indexadas y lograr así obtener la mayor información de las mejores técnicas de remoción de DQO, Sólidos Totales Suspendidos, Tensioactivos, pH, turbidez en aguas residuales de lavaderos de autos, de esta manera tuvo como finalidad ampliar los conocimientos en la parte científica, pero sin ser contrastados con ningún aspecto práctico mientras la realización del trabajo de investigación.

Por otra parte, también fue exploratorio, debido a que se realiza una investigación a partir de trabajos experimentales por diversos autores, con el fin de que esta sirva de informe para otras investigaciones; asimismo fue de investigación participativa de casos, ya que cuenta con la recopilación documental de información a partir de otras. Asimismo, el diseño de investigación fue no experimental, debido a que no hay manipulación de variables puesto que se basa en una revisión sistemática de buscar las mejores técnicas de tratamiento de aguas residuales de lavaderos de autos, además de que no se llevó a la práctica.

3.2. Categorías, Subcategorías y matriz de categorización

A manera general las categorías y subcategorías, se realizó antes de recoleccionar los datos con la finalidad de organizar, direccionar el estudio y determinar el mismo tema de todos los trabajos a recopilar. Esta investigación se dividirá en tres categorías las cuales están relacionadas con los objetivos tanto general como específicos, además de los problemas específicos; asimismo, se menciona a las categorías y subcategorías, las cuales menciona el material con el

cual se obtendrá la información para trabajar dicho proyecto. Para facilitar la elaboración de los objetivos se primero se planteó las preguntas de investigación las cuales fueron: ¿Cuáles son las mejores técnicas de remoción del DQO, sólidos suspendidos totales, tensioactivos y turbidez en las aguas residuales de lavaderos de autos y los mejores niveles de pH? y como problemas específicos se consideran los siguientes: ¿Cuáles son las técnicas que remueven los contaminantes en las aguas residuales de lavaderos de autos? ¿Cuáles son los niveles de remoción de los contaminantes según las técnicas aplicadas? y ¿Cuáles son los mejores porcentajes de remoción de contaminantes según las técnicas aplicadas?

A partir de ello se prosiguió con la elaboración de las categorías las cuales se consideró: fisicoquímicas y biológicas, nivel de remoción y porcentaje de remoción, con esto se logró elaborar los objetivos.

3.3. Escenario de estudio

El escenario es el lugar en el en cual se realizó la investigación (Arreaga Salazar; Quezada y Tinoco, 2018, p. 78). Para este caso se tuvo en cuenta a cada uno de las plataformas de búsqueda, las cuales contribuyeron a la recopilación de información, tales como: SCOPUS, SciELO, Science Direct, EBSCO, Google Académico, Proquest.

3.4. Participantes

En este trabajo los participantes fue los diferentes artículos y libros de revistas indexadas con rigor científico, en este caso fueron los 16 artículos que se recopilaron dentro de un periodo de tiempo en la cual la información no se encuentre desfasada.

Tabla 1. *Criterio de inclusión para selección de artículos de investigación*

Item	Criterio de inclusión
Tipo de artículo	Artículo científico
Tipo de acceso	Acceso Libre
Fecha de publicación	Del 2016 al 2021
Idioma	Español – inglés

Fuente: Elaboración propia.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas e instrumentos de recolección de datos se usaron para la adecuada recopilación de información. (Creswell, 2014, p. 8). Por lo tanto, la técnica que se aplicó en esta investigación fue el análisis documental donde nos permitió extraer la información más relevante respecto al tema dentro de la ficha de instrumento para recolección de datos, donde este contó de criterios como: nombre del autor, la fecha de publicación, el idioma, el nombre de la revista, los porcentajes de remoción, la técnica de tratamiento y las discusiones; donde nos permitió organizar de la mejor manera y más útil la información.

3.6. Procedimiento

La búsqueda de información se basó principalmente en el uso de las palabras claves, la cual están referidas al tema de investigación, estas fueron: agua residual, lavaderos de autos, características del agua residual, tratamientos de agua residual, entre otros. Asimismo, se consideró los criterios de inclusión y exclusión teniendo en cuenta la procedencia de los artículos, es decir, se tuvo como referencia de

búsqueda en las plataformas brindadas por nuestro centro de estudios, la cual facilitó con el requisito de conseguir revistas indexadas, las plataformas utilizadas para esta búsqueda fueron: Scopus, Scielo, Science Direct, Google Académico, Ebsco, Proquest, dentro de ellas se pudo recopilar trabajos artículos,; asimismo, se tomó en cuenta la fecha de publicación la cual estos trabajos buscados tenían que ser de los últimos cinco años, además de ello, los trabajos descargados viene en dos idiomas las cuales son: el inglés y el español.

Después de realizar la búsqueda de información, donde se tuvo en cuenta los criterios de inclusión, se revisó el contenido de cada investigación, se consideró el título y el resumen de cada trabajo, luego se prosiguió a realizar un extracto del tema más importante de la investigación y luego fueron almacenados en dos programas Excel y Word, para que sea mucho más factible la información.

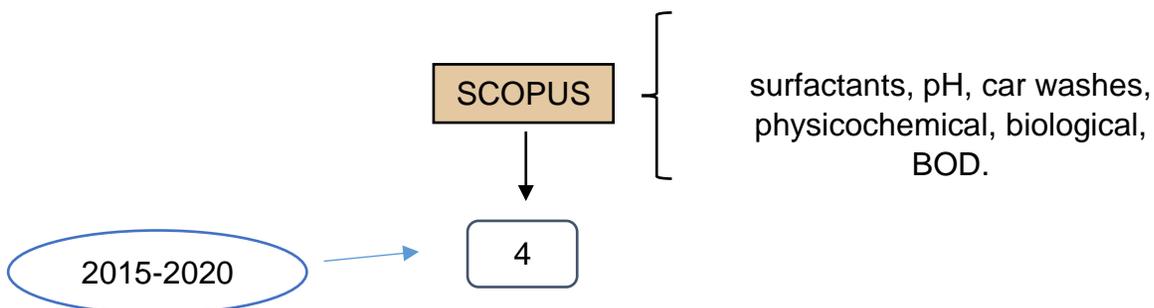
En el proceso de análisis, se basó en realizar un estudio minucioso y divido a partir de trabajos complejos con el fin de captar mejor la información y las partes más importantes de esta investigación. Es decir, una vez obtenido el material de trabajo y su revisión del tema, se prosigue a identificar los tratamientos que cada autor utiliza para su estudio, posterior a ello se evalúa los parámetros que han sido utilizados y porque los utiliza y a través de sus resultados se logra comparar cada tratamiento identificado para determinar el mejor, a su vez se logra identificar el reúso que se le puede dar a estas aguas a raíz de una revisión sistemática.

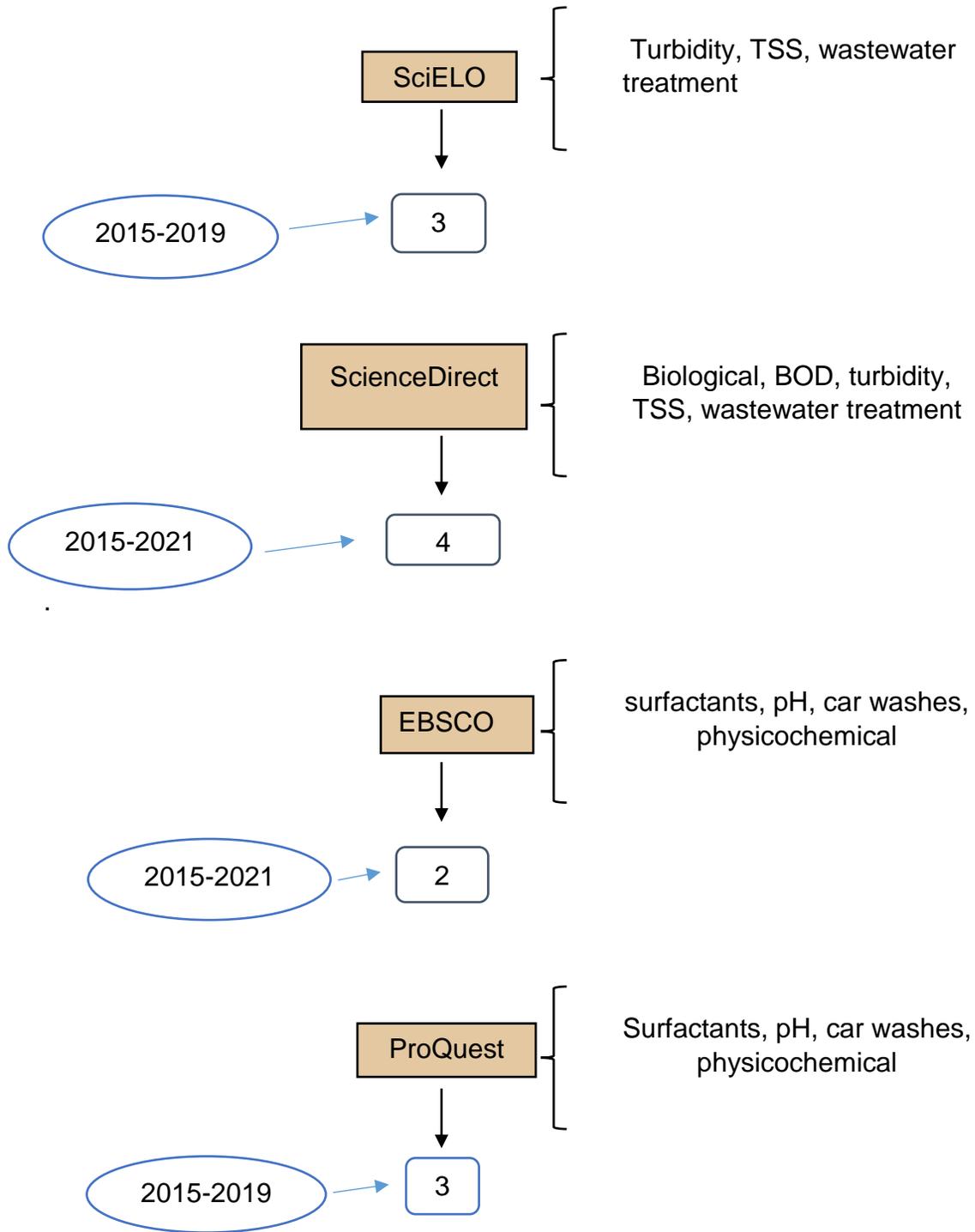
Tabla 2. *Recopilación de información*

Base de datos	Palabras clave en español	Palabras clave en ingles
Scopus	tensioactivos, pH, lavados de coches, fisicoquímicos, biológicos, DBO.	surfactants, pH, car washes, physicochemical, biological, BOD.
Scielo	Turbidez, TSS, tratamiento de aguas residuales	Turbidity, TSS, wastewater treatment
ScienceDirect	Biológico, DBO, turbidez, TSS, tratamiento de aguas residuales	Biological, BOD, turbidity, TSS, wastewater treatment
Ebsco	tensioactivos, pH, lavados de coches, fisicoquímicos	surfactants, pH, car washes, physicochemical
Proquest	Tensioactivos, pH, lavados de coches, fisicoquímicos	Surfactants, pH, car washes, physicochemical

Fuente: Elaboración propia.

Figura 3. *Proceso de búsqueda*





Fuente: elaboración propia

3.7. Rigor científico

Para realizar el rigor científico se basó fundamentalmente en la credibilidad para recopilar los datos de los autores (Espinoza, 2020, p. 1). Es por ello que se realizó en función a la recopilación de información provenientes de las plataformas de búsquedas donde están albergadas las revistas indexadas. Por otra parte, la relevancia se basó en alcanzar los objetivos y metas propuestas que dan paso a otras investigaciones (Arribas, Gómez, Guillen y Ramírez, 2021, p. 183), es por ello que se logró obtener resultados respecto a la materia de estudio la cual guarda relación con los objetivos planteados

Asimismo, la aplicabilidad es la amplitud de resultados consistió en la transferencia y descubrimientos de otros estudios (Piza, Amaiquema y Beltrán, 2019, p. 459), a partir de los diversos estudios permitió llevarse a cabo este trabajo de investigación facilitando de esta manera nuevos trabajos permitiendo contribuir en la mejora del medio ambiente.

3.8. Método de análisis de datos

Los procesos de análisis de información fueron recopilados de cada uno de los artículos de manera coherente para esta investigación. se aplicó la capacidad profesional de los analistas para elaborar un proceso, la cual clasificó todos los datos y poder analizarlos coherentemente, por lo que se trabajó en los análisis, donde se utilizó Microsoft Excel para ingresar datos de los resultados de remoción en porcentajes, las cuales se obtuvieron mediante fórmula y se mostraron en cuadros y figuras de barras para la interpretación de resultados, asimismo se logró obtener las mejores técnicas, puesto que se planteó niveles y rangos de remoción a criterio de los investigadores , donde se clasificó en alto, medio y bajo, y en caso del parámetro pH en básico, neutro y ácido de acuerdo al porcentaje y nivel que lo requiera.

3.9. Aspectos éticos

El aspecto ético se desarrolló cumpliendo con las normas, es decir, citando a cada autor adecuadamente según la normativa. Las investigadoras nos comprometimos a manejar la información encontrada en cada artículo de manera neutral y profesional realizando un vaciado de información de acuerdo a lo entregado por los diversos autores, es decir determinamos cuales son las técnicas de tratamientos de lavaderos de autos de acuerdo a la información encontrada y clasificada ordenadamente de acuerdo a la norma.

IV. RESULTADOS

- **El primer objetivo** desarrollado fue evaluar la remoción la DQO, Sólidos Suspendidos Totales (SST), Tensioactivos (TA), y Turbidez (TB) en aguas residuales de lavaderos de autos según el tipo de técnica aplicada, información que se muestra a continuación:

Tabla 3. Remoción de sustancias indeseables en agua residual según la técnica aplicada.

N°	Autor	Técnica aplicada	Remoción (%)				Valor
			SST	DQO	TB	TA	pH
1	Abdel y Asaad	Adsorción (Bentonita Natural)		81.6		88.8	7
2	Kowsalya, et al.	Adsorción y Carbón Activado	94.5	96.5			8
3	Veit M., et al.	Coagulación y Floculación, Sedimentación y Adsorción		92.6	98.8	97.2	8
4	Mawlood y Abbas	Coagulación, Floculación, Sedimentación y Filtración de arena		97.9	99.9		7
5	Carrasquero, et al.	Coagulación, Floculación, Sedimentación y Filtración		94.1	98.6		8
6	Hamzeh A., et al.	Electrocoagulación / flotación (ECF), sedimentación y filtración		94.6	95.0		8
7	Moazzem S., et al.	Filtración Granular de Membrana, Coagulación, Floculación y Sedimentación	100	96.0	99.0		8

8	Rodríguez B., <i>et al.</i>	Biorreactor de Membrana (MBR), Coagulación y Ozonificación	100	92.0			7
9	Ucar D.	Sedimentación, Filtración y Filtración por Membranas.		98.0			7
10	AA Al-Gheethi, <i>et al.</i>	Coagulación y Floculación (Moringa Olifeira)		35.1	96.9		7
11	Vereb G., <i>et al.</i>	Coagulación y Floculación		59.2	98.3		8
12	Wills, Moazzem y Jegatheesan	Filtración con arena, Coagulación, Floculación y Sedimentación	100		84.4		7.6
13	Mohamadreza, <i>et al.</i>	Coagulación y Clarificación		82.0		84.6	7.78
14	Reza, Sarvmeili y Sabzehei	Electro-Fenton (EF)		68.7		73.5	4
15	Garavito, <i>et al.</i>	Sistema de filtro (macrófitas en flotación a escala de laboratorio)	84.62	97.3			8
16	Astuti, <i>et al.</i>	Vetiver (<i>Vetiveria zizanioides</i>)		68.6		98.6	

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 3, se observa que las mejores técnicas combinadas en la remoción de los Sólidos Suspendido Totales (SST), fueron la Filtración Granular de Membrana – Coagulación - Floculación – Sedimentación, Biorreactor de Membrana (MBR) - Coagulación – Ozonificación, así como Filtración con arena – Coagulación - Floculación - Sedimentación, las cuales obtuvieron en promedio una remoción del 100%.

Para el caso de la remoción de la DQO las técnicas combinadas reportadas más eficientes fueron la Coagulación – Floculación - Sedimentación - Filtración de arena que alcanzaron valores entre el 94.1% - 97.9%, la Coagulación – Floculación - Sedimentación - Adsorción, obtuvo el 92.6%, sin embargo, al aplicar solo Coagulación y Floculación (Moringa Olifeira) obtuvo el 35.1% y al aplicar solo Adsorción (Bentonita Natural) obtuvo el 81.6%, otra técnica combinada eficiente es la Sedimentación - Filtración - Filtración por Membranas la cual obtuvo un 98.0%, asimismo está la Filtración Granular de Membrana, Coagulación, Floculación y Sedimentación con un 96%, no obstante otra técnica fue el Sistema de filtro (macrófitas) con un valor de 97.3%

Para la remoción del parámetro de turbidez las técnicas combinadas fueron la Coagulación -Floculación - Sedimentación - Adsorción con un porcentaje de 98.8%, así como la Coagulación - Floculación - Sedimentación - Filtración de arena con un valor de 99.9%, similar a la anterior se aplicó la Coagulación - Floculación - Sedimentación - Filtración y este tuvo un valor de 98.6% y por último la Coagulación - Floculación con un 98%.

Para la remoción de tensioactivos las técnicas combinadas fueron Coagulación – Floculación - Sedimentación - Adsorción con un 97.2% y la técnica Vetiver (Vetiveria zizanioides) con un 98.6%, sin embargo, se aplicó otras como Coagulación y Clarificación la cual obtuvo un 84.6%, por lo que no resultó ser muy eficiente.

Para el caso del pH las técnicas combinadas ideales fueron la Adsorción (Bentonita Natural), asimismo, la Coagulación - Floculación - Sedimentación - Filtración de arena, así como el Biorreactor de Membrana (MBR) - Coagulación – Ozonificación, también está la Sedimentación - Filtración - Filtración por Membranas y por último la Coagulación - Floculación (Moringa Olifeira), las cuales obtuvieron un pH de 7.

Como parte de las discusiones se evidenció que para la evaluación de cada parámetro se utilizó técnicas combinadas para demostrar mejores resultados y en cada proceso combinado que se mostró, se llegó a observar la técnica de coagulación la cual (Mohammad S., *et al*, 2020, p. 7) en su investigación sistemática sobre Tecnologías eficientes para el tratamiento de aguas residuales de lavado de

autos, mencionó que la coagulación es mayormente efectiva para eliminar los SST, a pesar de ello la técnica de Coagulación y Floculación no resultó ser muy efectiva para el tratamiento del DQO en su totalidad; por otro lado, (Ghaly et al., 2021) en su trabajo de investigación de revisión sistemática menciona que las técnicas de coagulación y floculación son efectivos para la eliminación de tensoactivos en un 99% de remoción, también mostró la efectividad en el rango de pH entre 7 y 9 (p.4). Por otro lado, la técnica de filtros granulares (Ghaly AE, *et al.*, 2021, p. 7) en su revisión menciona que las técnicas de sedimentación y coagulación de forma complementarias logran ser eficientes entre el 90-99%, estos resultados evidencian y corroboran las eficiencias de la técnica de tratamiento que aplican cada autor en su investigación en las cuales al aplicar las técnicas combinadas se obtendrá mejores resultados en la remoción de los contaminantes.

Asimismo, (Ghaly AE, *et al.*, 2021, p. 4) al ser combinadas con técnicas de ozonización y biorreactor de membrana (MBR) ayuda a mejorar el tratamiento del agua residual de los lavaderos de autos, así lo demuestra (Javad Torkashvand, et al., 2020, p. 11), la cual mencionó que tiene una eficiencia del 96% respecto a la técnica de Filtración de membrana; de igual forma (Mohammad S., *et al.*, 2020, p. 13) menciona que son eficaces en la eliminación de turbidez y tensoactivos. Por lo tanto, al incluir técnicas biológicas se logró obtener mejores resultados y esto favoreció en el tratamiento, es por ello que cada autor al aplicar las técnicas de remoción de los contaminantes arrojó diversos porcentajes de los cuales destacaron técnicas por su eficiencia de tratamiento, demostrando de esta manera que las técnicas de tratamiento de las aguas residuales de los lavaderos de autos tienen mejor resultado si se aplican de forma combinada.

- **El segundo objetivo** desarrollado fue evaluar los niveles de remoción del pH, DQO, Sólidos Suspendidos Totales (SST), Tensioactivos (TA), y Turbidez (TB) según los métodos aplicadas, por lo que se muestra a continuación.

Tabla 4. Evaluación de los contaminantes según el método de tratamiento.

N°	Tipos de tratamiento	Autores	Remoción (%)				Valor
			SST	DQO	TB	TA	pH
1	Fisicoquímicas	Abdel, Magid y Asaad, Olabi		81.6		88.8	7
2		Kowsalya, et al.	94.5	96.5			8
3		Veit M., et al.		92.6	98.8	97.2	8
4		Carrasquero, et al.		94.1	98.6		8
5		Mohammad Mahdi, et al.		94.6	95.0		8
6		Moazzem S., et al.	100	96.0	99.0		8
7		Rodríguez, et al.	100	92.0			7
8		Ucar D.		98.0			7
9		Mawlood y Abbas		97.94	99.9		8
10		AA Al-Gheethi, et al.		35.1	96.9		7
11		Vereb G., et al.		59.2	98.3		8
12		Wills, Moazzem y Jegatheesan	100		84.4		7.6
13		Mohamadreza, et al.		82.0		84.6	7.8
14		Reza, Sarvmeili y Sabzehei		68.7		73.5	4

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 4, se observa 14 artículos que aplican técnicas que pertenecen al método de tratamiento fisicoquímico, por lo tanto, a continuación, se presentó los niveles de remoción según el método aplicado.

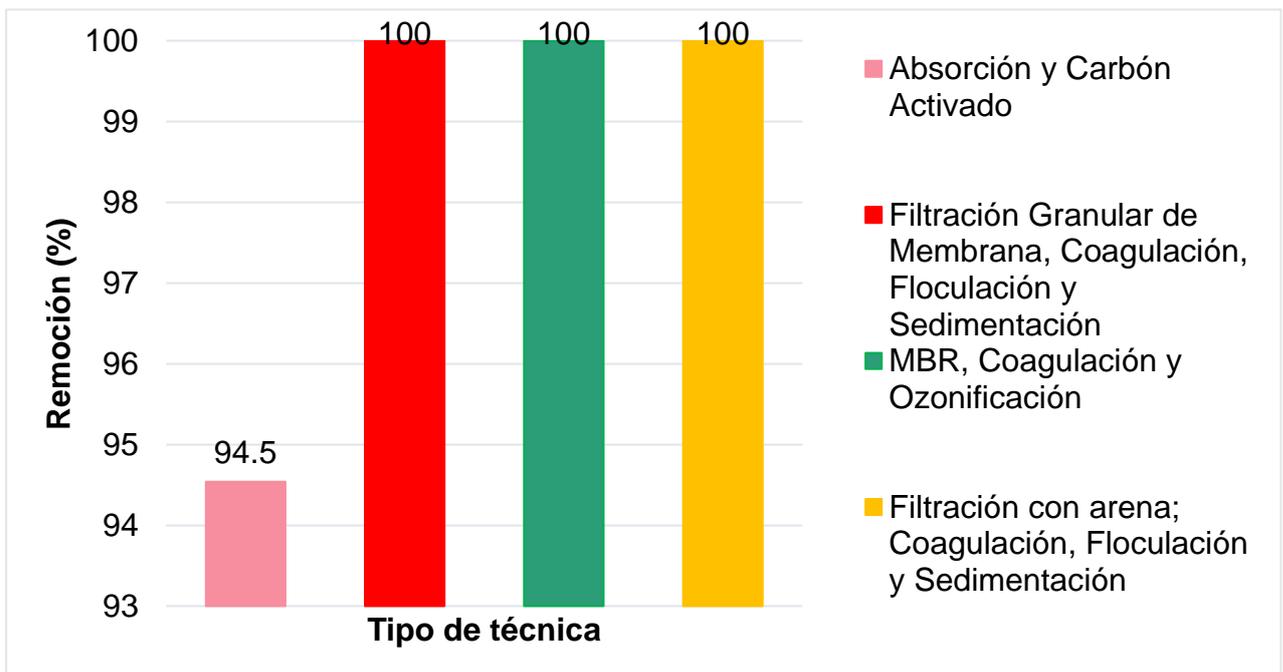
- Podemos observar los rangos de remoción para evaluación de los SST en la tabla 5.

Tabla 5. Rangos de remoción para los SST

Rangos	Remoción (%)
Alto	96 - 100
Medio	90 -95
Bajo	84 - 89

Fuente: Elaboración Propia

Figura 4. Remoción de los SST.



Fuente: Elaboración Propia

- ❖ En la figura 4, se presentan 4 técnicas combinadas que remueven los SST, en la cual en el nivel bajo no presenta ninguna; en el nivel medio se encuentra la técnica de Adsorción - Carbón Activado con un 94.5%, en el **nivel alto** se encuentra el MBR - Coagulación - Ozonificación; asimismo la técnica de Filtración Granular de Membrana – Coagulación - Floculación - Sedimentación y también se encuentra la técnica de Filtración con arena – Coagulación - Floculación - Sedimentación con un porcentaje de remoción del 100%.

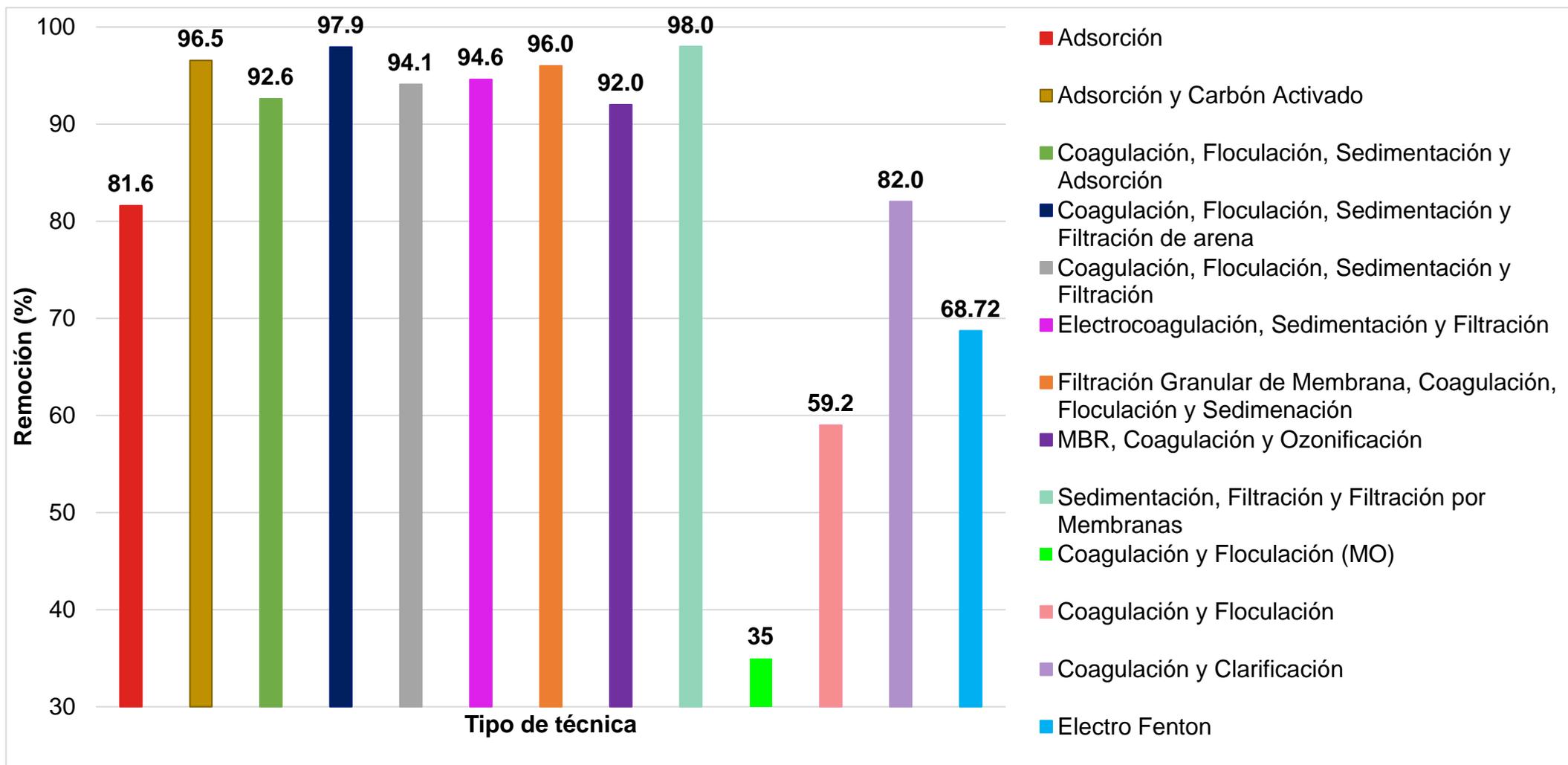
- Por otro lado, se presentó en la tabla 6, los rangos de remoción del parámetro DQO.

Tabla 6. Rangos de remoción de la DQO

Rangos	Remoción (%)
Alto	91 - 100
Medio	82 - 90
Bajo	73 - 81

Fuente: Elaboración Propia

Figura 5. Remoción del DQO



Fuente: Elaboración Propia

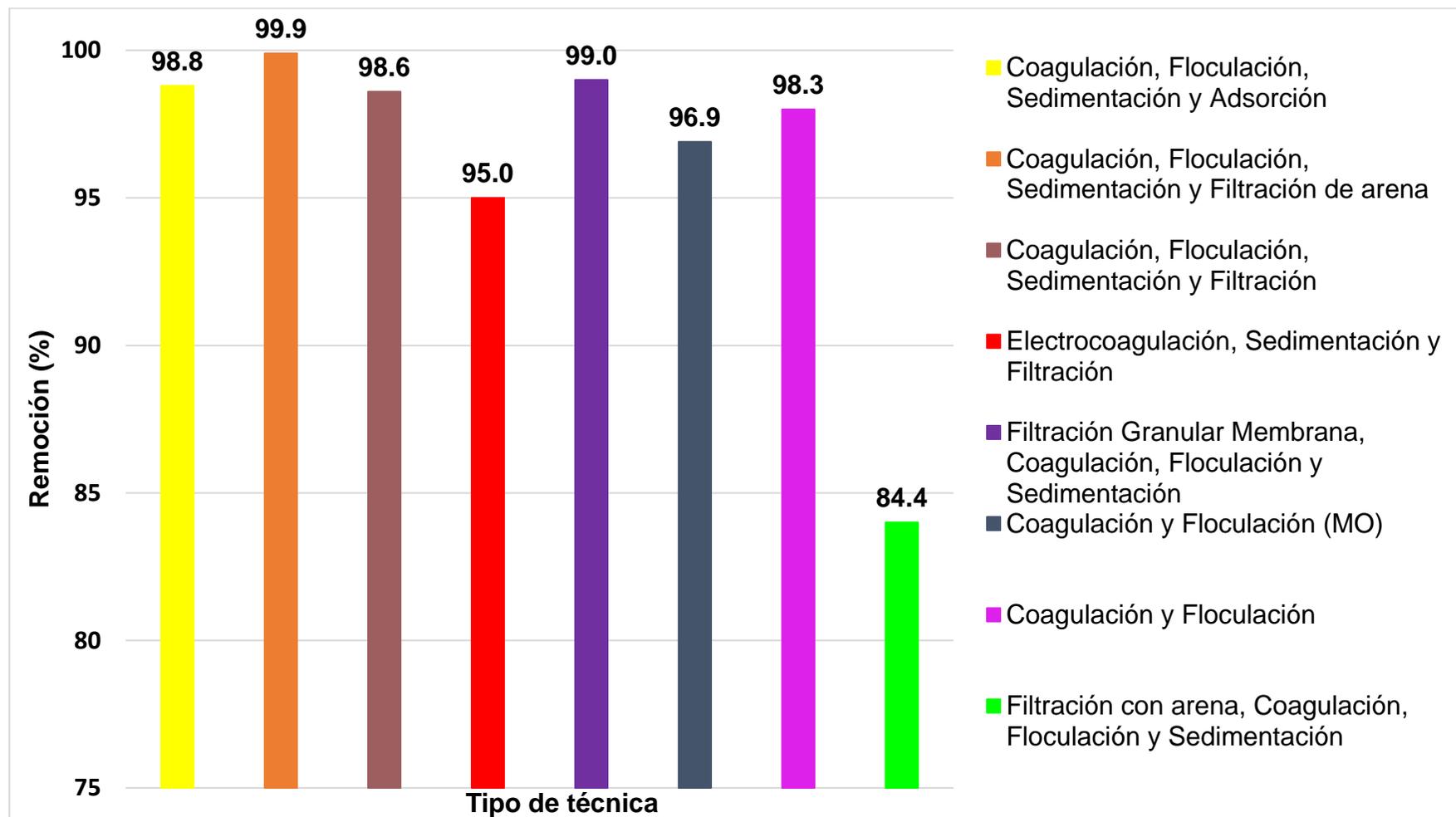
- ❖ En la figura 5, se observó las técnicas de remoción, la cual en nivel bajo se halló a la Coagulación - Floculación (MO) con un 35.1%, en el nivel medio a la Coagulación - Floculación con el 59.1%; asimismo el Electro Fenton con un 68.7% y en el **nivel alto** a la Adsorción con un 81.6%, seguido a ello estuvo la Coagulación - Clarificación con un 82.0%; asimismo el MBR - Coagulación - Ozonificación con un 92%, la Coagulación – Floculación - Sedimentación - Adsorción con un 92.6 %, también la Coagulación – Floculación - Sedimentación - Filtración con un 94.1%, la técnica de Electrocoagulación - Sedimentación - Filtración con un 94.6%, se halló también la Filtración Granular de Membrana – Coagulación - Floculación - Sedimentación con un 96.0%, la Adsorción - Carbón Activado con un 96.5%; la técnica de Coagulación – Floculación - Sedimentación - Filtración de arena con un 97.3% y por último se aplicó la Sedimentación - Filtración - Filtración por membranas con un 98.0%.
- Por otro lado, en la tabla 7, se presentó la remoción de turbidez.

Tabla 7. Rangos de remoción en la turbidez.

Rangos	Remoción (%)
Alto	96 - 100
Medio	90 - 95
Bajo	83 - 89

Fuente: Elaboración Propia

Figura 6. Remoción de turbidez



Fuente: Elaboración Propia

- ❖ En la figura 6, se halló 9 técnicas que removieron la turbidez. En el nivel bajo se encontró la técnica de Filtración con arena – Coagulación - Floculación - Sedimentación con 84.4%; en el nivel medio se encontró a la técnica de Electrocoagulación - Sedimentación - Filtración con un 95.0% y en el **nivel alto** se encontró a la Coagulación - Floculación (MO) con un 96.9 %, asimismo la Coagulación - Floculación con un 98.0%, la Coagulación – Floculación - Sedimentación - Filtración con un 98.6%; también se aplicó la Coagulación – Floculación - Sedimentación - Adsorción con un 98.8%; la Filtración Granular con Membranas, Coagulación - Floculación - Sedimentación con un 99.0% y por último la técnica de Coagulación – Floculación - Sedimentación - Filtración de arena con el 99.9%.

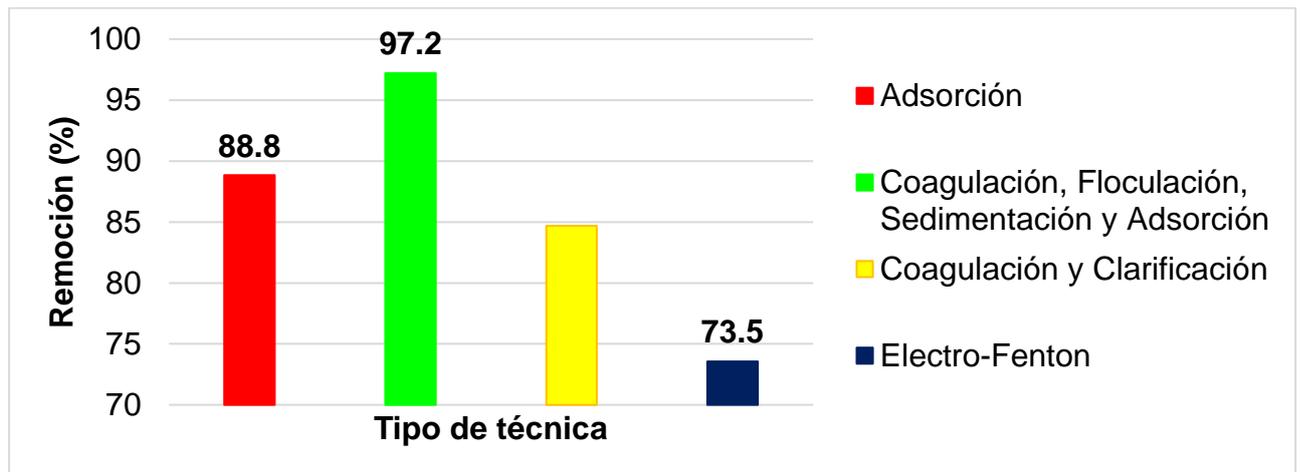
- Para evaluar el nivel de remoción de los tensioactivos, nos basamos en la tabla 8.

Tabla 8. Rangos de remoción de los tensioactivos.

Rangos	Remoción (%)
Alto	91 - 100
Medio	82 - 90
Bajo	73 - 81

Fuente: Elaboración Propia

Figura 7. Remoción de los tensioactivos



Fuente: Elaboración Propia

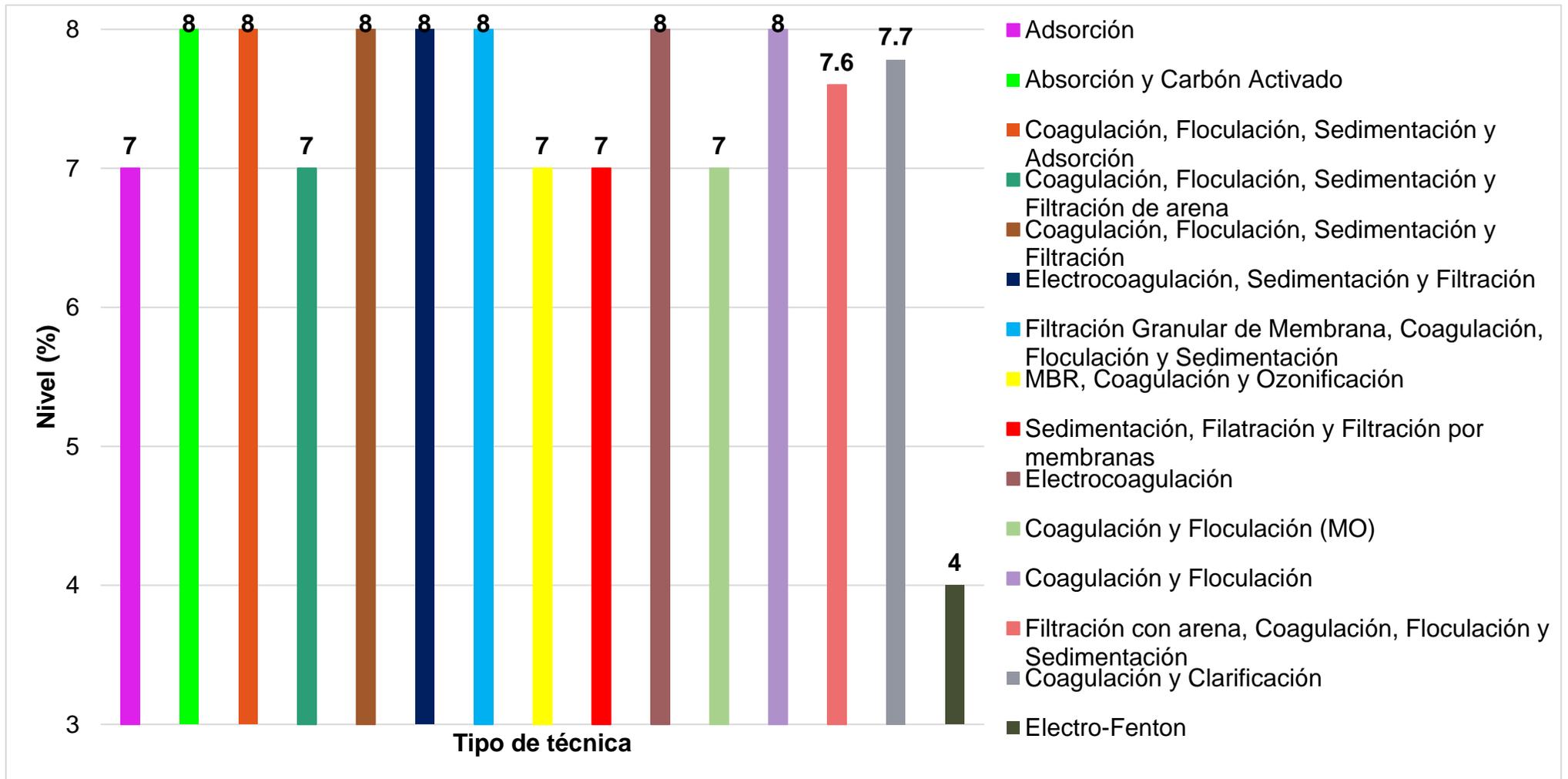
- ❖ En la figura 7, la remoción de tensioactivos se observó que en el nivel bajo se encontró a las técnicas de Electro Fenton con un 73.5%; en el nivel medio se encontró que la técnica de Coagulación - Clarificación fue de 84.6%, asimismo la Adsorción con un 88.8%; y en el **nivel alto** está la Coagulación – Floculación - Sedimentación - Adsorción con un 97.2%.
- Por último, se presentó la tabla 9 con los niveles adecuados del pH, en el cual en el básico se encontró a los >7, el neutro el 7 y el ácido <7.

Tabla 9. Rango y nivel del pH

Rangos	Niveles
Básico	>7
Neutro	7
Ácido	<7

Fuente: Elaboración Propia

Figura 8. Remoción de pH



Fuente: Elaboración Propia

- ❖ En la remoción del pH se observó que la técnica Electro Fenton obtuvo un pH de 4, la cual se considera ácido <7 ; sin embargo hubo técnicas que obtuvieron un pH neutro de 7, las cuales fueron la técnicas de Absorción, la técnicas combinada de Coagulación – Floculación - Sedimentación - Filtración de arena, el MBR - Coagulación – Ozonificación, la Sedimentación - Filtración - Filtración por membranas, la Coagulación - Floculación (MO), asimismo, hubo técnicas que fueron mayores que 7, como Filtración con arena – Coagulación - Floculación - Sedimentación con un pH de 7.6 y la Coagulación - Clarificación con un pH de 7.7, a su vez hubo técnicas que alcanzaron el pH alcalino de 8 como Absorción - Carbón Activado, la Coagulación – Floculación - Sedimentación - Adsorción; asimismo la Coagulación – Floculación - Sedimentación – Filtración, también se halló la Electrocoagulación - Sedimentación - Filtración; la Filtración Granular de Membrana – Coagulación - Floculación – Sedimentación, la Electrocoagulación y por último la Coagulación - Floculación.

- ❖ Por otra parte, se hallaron autores que aplicaron método biológico solo con un tipo de técnica.

Tabla 10. Remoción de contaminantes según el método biológico

N°	Tipos de tratamiento	Autores	Remoción (%)				Valor
			SST	DQO	TB	TA	pH
01	Biológicas	Garavito, Ospina L. y Ospina D.	84.62	97.32			8
02		Astuti, et al.		68.6		98.6	

Fuente: Elaboración Propia

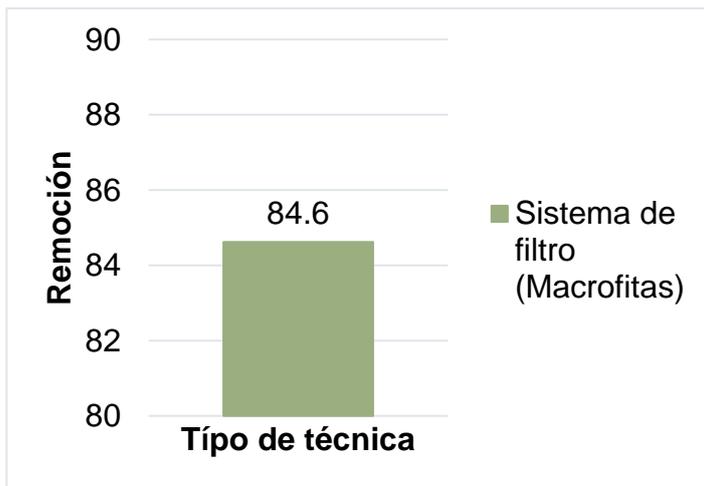
- Se observó que en el método biológico solo hay dos tipos de técnicas las cuales no son combinadas, estas técnicas son fitorremediadoras capaces de remover contaminantes presentes en estos tipos de agua.

Tabla 11. Rangos de Remoción de los SST - método biológico

Rangos	Remoción (%)
Alto	84 - 90

Fuente: Elaboración Propia

Figura 9. Remoción de los SST – método *biológico*



Fuente: Elaboración Propia

En la figura 9, se observó que los SST se removieron en un 84.62% utilizando el Jacinto de agua, ubicándolo en el nivel alto.

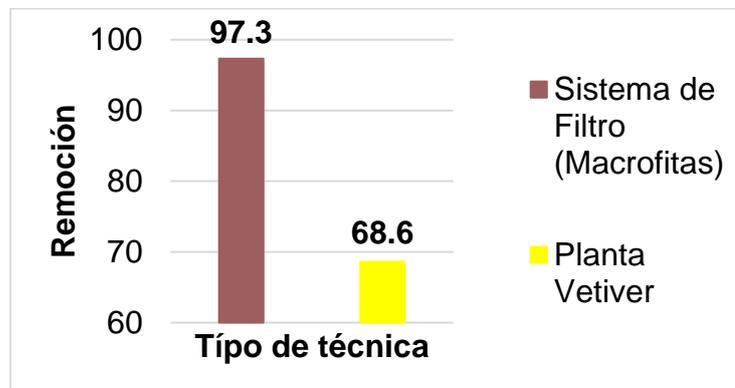
- Evaluación del parámetro DQO.

Tabla 12. Rangos de Remoción del DQO - método biológico

Rangos	Remoción (%)
Alto	88 - 100
Medio	74 - 87
Bajo	60 - 73

Fuente: Elaboración Propia

Figura 10. Remoción del DQO – método *biológico*



Fuente: Elaboración Propia

En la figura 10, se observó la remoción de este parámetro en el nivel alto se ubica el Sistema de filtro (Macrófitas) con un 97.32% de remoción y en el nivel bajo se encuentra la técnica de Vetiver con un 68.6% de remoción.

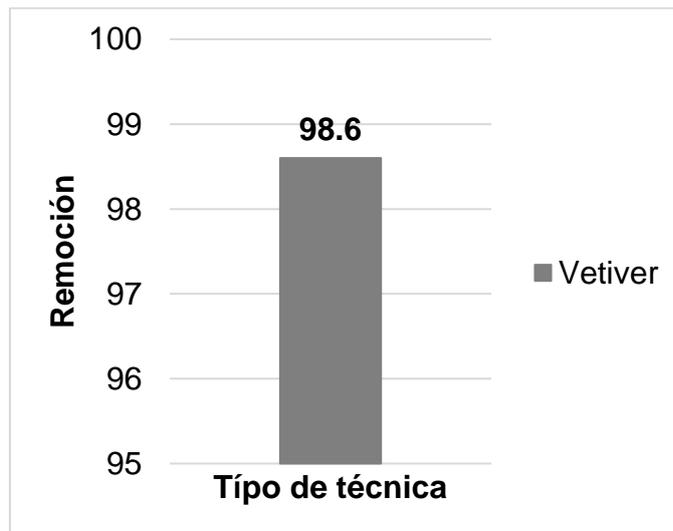
- Evaluación del parámetro turbidez.

Tabla 13. Rangos de remoción de la turbidez - método biológico

Rangos	Remoción (%)
Alto	88 - 100
Medio	74 - 87
Bajo	60 - 73

Fuente: Elaboración Propia

Figura 11. Remoción de la turbidez - método biológico



Fuente: Elaboración Propia

En la figura 11, se muestra la remoción de la turbidez la técnica de Vetiver solo tuvo un nivel alto de 98.6%.

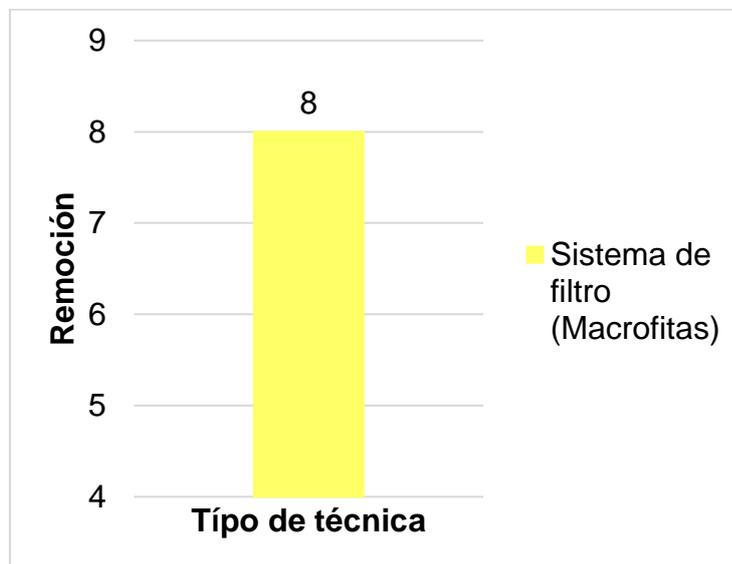
- Evaluación del parámetro pH.

Tabla 14. Rangos y niveles del pH – método biológico

Rangos	Niveles
Básico	>7
Neutro	7
Ácido	<7

Fuente: Elaboración Propia

Figura 12. Niveles del pH – método biológico



Fuente: Elaboración Propia

Se observó que la técnica de Sistema de filtro (Macrófitas) alcanzó un nivel básico de pH 8.

- ❖ El método de tratamiento biológico es un proceso complejo que utilizan especies capaces de reducir el 96% en DQO, 100% en SS, 80-90% en DS, 100% en aceites y grasas, 85-100% en tensioactivos) según (Ghaly *et al*, 2021, p. 23), sin embargo, (Mohammad, 2020, p. 12) en su estudio de investigación mencionó que la aplicación de métodos de tratamiento biológico puede no ofrecer una gran eficiencia para remediar este tipo de aguas residuales debido a la complejidad de estas.
- ❖ Los diversos autores que optaron por aplicar el método de tratamiento fisicoquímico en sus investigaciones utilizaron procesos combinados, por lo que según (Torkashvand *et al.*, 2020, p. 6), mencionó que la aplicación de un sistema combinado de tratamiento para las aguas residuales de los lavaderos de autos resulta ser potencial en el caso de remoción de contaminantes llegando estas aguas a poder ser reutilizadas en caso logran alcanzar estándares adecuados.
- ❖ Ante ello se pudo determinar que el método de tratamiento fisicoquímico y combinados son los que más se desarrollan por los diversos autores debido a que las aguas se tratan por un pre – tratamiento, un tratamiento primario, secundario hasta incluso un terciario obteniendo de esta manera un tratamiento más efectivo y libre de contaminantes.

- En el **tercer objetivo** se basó en establecer los mejores porcentajes de remoción de contaminantes según las técnicas aplicadas, por lo que se consideró los niveles altos de remoción.

Tabla 15. Nivel de remoción alto

Rangos	Remoción (%)
Alto	90 - 100

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 16. Niveles del pH

Rangos	Niveles
Básico	>7
Neutro	7
Ácido	<7

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 17. Técnicas con niveles de porcentajes altos

N°	Tipos de tratamiento	Autores	Técnicas usadas	Porcentaje de Remoción (%)				Valor
				SST	DQO	TB	TA	pH
1	Fisicoquímicas	Kowsalya, et al.	Absorción y Carbón Activado	94.5	96.5			8
2		Veit M., et al.	Coagulación y Floculación, Sedimentación y Adsorción		92.6	98.8	97.2	8
3		Mawlood y Abbas	Coagulación, Floculación, Sedimentación y Filtración de arena		97.9	99.9		7
4		Carrasquero, et al.	Coagulación, Floculación, Sedimentación y Filtración		94.1	98.6		8
5		Mohammad Mahdi, et al.	Electrocoagulación / flotación (ECF), sedimentación y filtración		94.6	95.0		8
6		Moazzem S., et al.	Filtración Granular de Membrana, Coagulación, Floculación y Sedimentación	100	96.0	99.0		8
7		Rodríguez B., et al. V. y Shu L.	Biorreactor de Membrana (MBR), Coagulación y Ozonificación	100	92.0			7

Fuente: Elaboración Propia

Se observó que las técnicas que se encuentran dentro de los niveles de 90% - 100%, contienen procesos combinados, sin embargo, se muestra que en algunos casos el pH, tiene niveles alcalinos y en otros casos neutro, por lo cual si consideramos el

nivel neutro de este parámetro se pudo tener solo 2 técnicas que son Coagulación – Floculación - Sedimentación - Filtración de arena y la otra técnica combinada es la del Biorreactor de Membrana (MBR), Coagulación y Ozonificación.

Respecto a los tratamientos, en una revisión sistemática los autores expresan que los tratamientos más utilizados para el agua residual y que resultan ser efectivos son la coagulación química, electrocoagulación y biorreactor de membrana. (Javad, et al., 2020, p. 2). De igual manera en otro estudio se resaltó el uso de membranas como parte del tratamiento, puesto que según algunos autores mencionan que son efectivas al momento de tratar estas aguas. (Durna & Genç, 2021, p. 2). De igual forma nos dicen que el tratamiento con MBR, puede eliminar más del 95% de DQO, más del 80% de suspensión de sólidos, al comparar este tipo de tratamiento con los tratamientos convencionales demuestra ser más eficientes para la eliminación de cualquier tipo de contaminante. (Ghaly AE, et al., 2021, p. 4)

Asimismo, mencionan que la integración de la floculación-flotación con un proceso de radiación ultravioleta puede mejorar la eficiencia de la eliminación de DQO en un 85,94%, por otro lado, se demostró que los sistemas de flotación por aire disuelto (DAF), filtro de arena (SF) y filtración multimedia (MMF) solo podían eliminar los sólidos y no la materia orgánica, por lo que se complementa con los sistemas de membranas Bio-MF, que son reactores en los que se aplican bioportadores en combinación con la filtración de membranas no tejidas, se utilizaron y se encontró que son efectivos para eliminar la materia orgánica y los sólidos al mismo tiempo y entregan agua de alta calidad similar (Mohammad, 2020, p. 14). Por lo tanto, el método biológico demuestra que pueden remediar más parámetros que los ya mencionados siempre y cuando este se aplique de forma combinada.

- Finalmente, **el objetivo general** de basó en Evaluar las mejores técnicas de remoción DQO, Sólidos Suspendidos Totales, Tensioactivos, y Turbidez e identificar los mejores niveles de pH en las aguas residuales de los lavaderos de autos, por lo que a continuación se muestra una tabla con las mejores técnicas combinadas.

Tabla 18. Mejores porcentajes de remoción de contaminantes

N°	Tipos de tratamiento	Autores	Tecnicas usadas	Porcentaje de Remoción (%)				Valor
				SST	DQO	TB	TA	pH
3	Fisicoquímicas	Mawlood y Abbas	Coagulación, Floculación, Sedimentación y Filtración de arena		97.9	99.9		7
7		Rodríguez B., et al.	Biorreactor de Membrana (MBR), Coagulación y Ozonificación	100	92.0			7

Fuente: Elaboración Propia

Se mostró que las mejores técnicas combinadas de remoción aplicadas para tratar las aguas residuales de los lavaderos de autos fueron la Coagulación – Floculación - Sedimentación – Filtración con un porcentaje de remoción para el DQO de un 97.9%, para el TB 99.9% y un pH de 7 y la otra fue el Biorreactor de Membrana (MBR) - Coagulación – Ozonificación con un porcentaje de remoción para los SST de 100%, para el DQO con un 92.0% y un pH de 7, esto demuestra la eficiencia de las técnicas así también lo menciona (Ghaly AE, *et al.*, 2021, p. 4), la cual en su investigación dice que la coagulación-floculación redujo de 88-99% en DQO, 74-100% en turbidez, asimismo dice que elimina patógenos, virus, fósforo y flúor, sin embargo depende para validar la eficacia depende del tipo de coagulantes y en algunos casos estos son costosos. En otra investigación realizada por (Mohammad, 2020, p. 7) nos dice que la técnica de coagulación y floculación

se deben de apoyar con otros métodos, especialmente adsorción, AOP y membranas, puesto que mejora el tratamiento.

Por otro lado (Javad, et al., 2020, p. 11), menciona que el uso de la técnica de la filtración de arena y la sedimentación para prevenir los efectos de los sólidos y el contenido de aceite en las etapas posteriores de los procesos, de igual forma en otra investigación planteada por (Ghaly AE, *et al.*, 2021, p. 20) mencionó que la técnica de filtración retiene los microorganismos patógenos y reduce del 82-99% en DQO, 96% en SS, 88-100% en turbidez. Por lo tanto, se demostró que la aplicación de técnicas combinadas mejora el tratamiento de las aguas residuales de los lavaderos de autos

V. CONCLUSIONES

Tras la ejecución de la presente investigación, se concluye lo siguiente.

- Las mejores técnicas combinadas fueron la Coagulación – Floculación - Sedimentación - Filtración de arena con un porcentaje de remoción para el DQO de un 97.9%, para el TB 99.9% y un pH de 7 y como segunda técnica fue el Biorreactor de Membrana (MBR) - Coagulación – Ozonificación con un porcentaje de remoción para los SST de 100%, para el DQO con un 92.0% y un pH de 7, la cual demostraron gran eficiencia en la remoción y disminución de sus contaminantes siempre y cuando se apliquen de forma combinada.
- Las técnicas aplicadas de manera combinada lograron remover hasta el 100% para los SST, para la DQO están entre 92.6% al 98.0%, esto demuestra la eficiencia que tiene cada una de estas técnicas que trata este tipo de agua residual. Además de ello, cabe resaltar que estos procesos se encuentran dentro de un sistema de tratamiento, desde el pre tratamiento hasta el tratamiento terciario, la cual permite obtener mejores resultados.
- El método adecuado es el fisicoquímico por ser el más completo, complementario y a barca muchos más parámetros a tratar a diferencias del tratamiento biológico que individualmente no son efectivos.
- Se estableció el mejor nivel de remoción la cual se encuentra entre el 90% al 100% y el nivel de pH la cual se consideró al pH 7 como el adecuado de esta manera se identificó a las técnicas que se encuentra entre este rango como Coagulación – Floculación - Sedimentación - Filtración de arena y la otra técnica combinada es la del Biorreactor de Membrana (MBR) - Coagulación - Ozonificación.

VI. RECOMENDACIONES

- Tener a nuestro alcance una cantidad necesaria de trabajos relacionados al tema, para que posteriormente ejecutemos dicho estudio. A su vez tenemos que tener en cuenta el manejo del tema si es factible acceder a la información planteada.

- Realizar más estudios prácticos sobre tratamientos biológicos para este tipo de agua, asimismo aplicarlos como objetivo de reutilización debido al escaso material informativo sobre agua residual tratada, de igual forma perfeccionar y complementar cada técnica fisicoquímica para obtener un mejor resultado de tratamiento.

REFERENCIAS

ARRIBAS Ernesto, GÓMEZ Yakelín, GUILLEN Anselmo y RAMÍREZ Celidanay. La comunicación científica en investigaciones que asumen el enfoque cualitativo: una mirada valorativa, Cuba, Revista Edumecentro [en línea]. 30 de junio de 2021, vol 12 N,° 2 [Fecha de consulta: 23 de abril de 2021]. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/edu/v13n2/2077-2874-edu-13-02-172.pdf> ISSN 2077-2874

ALBARRACÍN Heredia, Elkin Orlando. Sistema de tratamiento de agua residual Autolavado Samiwall. Tesis (Tecnólogo en Gestión Ambiental y Servicios Públicos). Bogotá: Universidad Distrital Francisco José De Caldas, 2018. 45 pp.

Disponible en:
<https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/13135/Albarrac%c3%adnHerediaElkinOrlando2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ARREAGA Carlos, QUEZADA Cesar y TINOCO Wilson. La implementación y métodos cualitativos para la investigación científica. Ecuador, Editorial UTMACH [en línea]. 2018. Capítulo 6. La implementación y gestión de los procesos de investigación social cualitativos p. 78. [Fecha de consulta: 25 de abril de 2021].

Disponible en:
<http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/12501/1/TecnicasyMetodosCualitativosParaInvestigacionCientifica.pdf> ISBN: 97899422409

ASTUTI Tri Jovita, SRIWURYANDARI Lies y SEMBIRING Tarzan, Application of Vetiver (*Vetiveria zizanioides*) on Phytoremediation of Carwash Wastewater pertanika, vol.3, pag.1463 – 1477, 2018.

Disponible en: [Pertanika Journal \(upm.edu.my\)](http://PertanikaJournal.upm.edu.my)

AA Al-Gheethi, et al., Treatment of Wastewater from Car Washes Using Natural Coagulation and Filtration System [en línea]. Vol. 136, n.º 136, [22 de julio de 2016]. [Fecha de consulta: 08 de mayo de 2021].

Disponible en: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84989298216&origin=resultslist&sort=plff&src=s&sid=3b308fbb070222cc799062cabc5acee9&sot=b&sdt=b&sl=102&s=TITLEABSKEY%28Treatment+of+Wastewater+from+Car+Washes+Using+Natural+Coagulation+and+Filtration+System%29&relpos=0&citeCnt=11&searchTerm=>

ABDEL, Magid y ASAAD, Olabi. Study of Car Wash Wastewater Treatment by Adsorption. German National Library of Science and Technology [en línea]. 01 de diciembre del 2014, [Fecha de consulta: 09 de mayo de 2021].

Disponible en: <http://eds.b.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=0&sid=2d58f7bbe59a-4d97-add7-55f7f74f09f2%40pdc-v-sessmgr03&bdata>

BELZONA International Limited. Editor en jefe: Alejandra Troconis. 2010. Disponible en: https://www.belzona.com/es/solution_maps/wastewater/money_map.pdf

CARRASQUERO Sedolfo, et al., Evaluación de un tratamiento fisicoquímico en efluentes provenientes del lavado de vehículos para su reutilización. Revista impacto científico. [en línea]. diciembre 2015. Vol. 10. n.º2. [Fecha de consulta: 26 de abril de 2021].

Disponible en: <http://eds.b.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=2&sid=00e69723-04fb-4b75-a5cc-12fd93188e72%40sessionmgr102&bdata=Jmxhbm9ZXMmc2l0ZT1lZHMtbGl2ZQ%3d%3d#AN=edsbas.FBE53DF1&db=edsbas>

CRESWELL John W., Designing A Mixed Methods Study in Primary Care. [en línea]. EE.UU. Departamento de Psicología de la Educación, Universidad de Nebraska-Lincoln. Febrero 2014, VOL 02 N.º 1 [fecha de consulta: 18 de abril de 2021].

Disponible en: <https://eds.b.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=0&sid=40edcc62-fb54-47fc-b5da43bf46b6c887%40pdc-vsessmgr02&bdata=Jmxhbm9ZXMmc2l0ZT1lZHMtbGl2ZQ%3d%3d#AN=12195691&db=a9h>

DURNA, Elif y GENÇ, Nevim, Application of a multiple criteria analysis for the selection of appropriate radical based processes in treatment of car wash wastewater, Environmental Engineering Research [en línea]. Vol. 26, n° 2, abril del 2021. [fecha de consulta: 5 de mayo del 2021]. Disponible en: <https://eds.b.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=0&sid=476a22a6-dd11-443e-88fb-cb902ae43418%40pdc-vsessmgr03&bdata=Jmxhbm9ZXMmc2l0ZT1lZHMtbGl2ZQ%3d%3d#AN=149826309&db=eih> ISSN: 1226-1025

ESPINOZA Enrique. LA INVESTIGACIÓN CUALITATIVA, Una Herramienta ética en el Ámbito Pedagógico. Ecuador Revista Conrado. [en línea]. 2 de agosto 2020, v.16 n.º75 [Fecha de consulta: 24 de abril de 2021]. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/rc/v16n75/1990-8644-rc-16-75-103.pdf> ISSN 2519-7320

FLORES, Malca Mercedes Isamar. Propuesta de un sistema de tratamiento para la reutilización de aguas residuales generadas en el servicio de lavado del Concesionario Nor Autos Chiclayo SAC. Tesis (Ingeniero Industrial). Chiclayo: Universidad Católica Santo Toribio De Mogrovejo. 2015. 199 pp.

Disponible en:
[https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/931/1/TL_FloresMalcaMercedesI
sa mar.pdf](https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/931/1/TL_FloresMalcaMercedesI
sa mar.pdf)

GUAMANQUISPE, Tigse Santiago Javier. Diseño de una planta de tratamiento de agua proveniente del lavado de autos en la lavadora “la unión” en el sector la joya. Tesis (Ingeniero Civil). Ambato: Universidad Técnica de Ambato. 2017. 171 pp.

Disponible en:
[https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/26496/1/Tesis%201162%
20-%20Guamanquispe%20Tigse%20Santiago%20Javier.pdf](https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/26496/1/Tesis%201162%
20-%20Guamanquispe%20Tigse%20Santiago%20Javier.pdf)

GARAVITO, Geraldine, OSPINA, Laura y OSPINA, Diana. Evaluación de un sistema a escala laboratorio, de un filtro de macrófitas en flotación como tratamiento de aguas residuales de un autolavado. Revista Logos, Ciencia & Tecnología. Vol 12, (1): 10-20. Enero – Abril, 2020.

ISSN 2422-4200

HAZ K.-U., Kim J.-H. y Chu X.-Q., Sludge characteristics and performance of a membrane bioreactor for treating oily wastewater from a car wash service station [en línea]. Vol. 120. Julio de 2018. [Fecha de consulta: 10 de abril de 2021].

Disponible en: [https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85054490360&origin=resultslist&sort=plff&src=s&sid=6252af84bcf0b440a8138ead2c1b4147&sot=b&sdt=b&sl=53&s=TITLEABSKEY%28characteristics+of+car+was
h+wastewater%29&relpos=2&citeCnt=2&search Term=](https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85054490360&origin=resultslist&sort=plff&src=s&sid=6252af84bcf0b440a8138ead2c1b4147&sot=b&sdt=b&sl=53&s=TITLEABSKEY%28characteristics+of+car+was
h+wastewater%29&relpos=2&citeCnt=2&search Term=)

HASHIM, Haslina y ZAYADI, Nadzirah. Pollutants Characterization of Car Wash Wastewater. [en línea]. Vol. 47. 01 de abril de 2016. [Fecha de consulta: 2 de mayo de 2021].

Disponible en: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84969945192&origin=resultslist&sort=plff&src=s&sid=dc84089239fd7041fa4e68359fb75916&sot=b&sdt=b&sl=65&s=TITLEABSKEY%28Pollutants+Characterization+of+Car+Wash+Wastewater%29&relpos=1&citeCnt=4&searchTerm=>

HAMZEH A., et al., Carwash wastewater treatment by the application of an environmentally friendly hybrid system: an experimental design approach, [en línea]. 9 de mayo de 2019. [Fecha de consulta: 2 de octubre de 2021].

Disponible en: https://www.deswater.com/DWT_abstracts/vol_160/160_2019_171.pdf

HERNÁNDEZ, Robert., FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar. Metodología de la investigación [en línea]. 6a. ed. México. McGRAW-HILL / Interamericana Editores, S.A. de C.V, abril del 2014. [fecha de consulta: 16 de abril del 2021].

Disponible en: <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
27 ISBN: 978-1-4562-2396-0

KOWSALYA, et al, Car wash wastewater treatment and its reuse to manage water supply. Revista Internacional de Tecnología e Ingeniería Reciente [en línea]. enero de 2020, [Fecha de consulta: 06 de octubre de 2021].

Disponible en: <https://www.ijrte.org/wp-content/uploads/papers/v8i5/E6030018520.pdf>

GHALY, MAHMOUD, IBRAHIM, MOSTAF, ABDELRAHMAN, Tratamientos químicos, físicos y biológicos de aguas residuales de lavado de autos para el reciclaje de agua: análisis críticos y comparativos, vol. 04, nro. 02, pag. 78- 107.

ISSN: 2641-1784

Disponible en: [Opast Online Publishing Group](#)

JAVAD Torkashvand, et al., On-site carwash wastewater treatment and reuse: a systematic review. International Journal of Environmental Analytical Chemistry. International Journal of Environmental Analytical Chemistry [en línea]. 05 Jun 2020, [Fecha de consulta: 02 de mayo de 2021].

Disponible en:
<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/03067319.2020.1772773?journalCode=geac20> ISSN: 0306-7319

MOHAMMAD Sarmadi, *et al.*, Efficient technologies for carwash wastewater treatment: a systematic review. [en línea]. 07 de julio del 2020, n.º27. [Fecha de consulta: 04 de mayo del 2021].

Disponible en:
<https://www.proquest.com/docview/2436973456/3258A47442F34D0FPQ/1?accountid=37408>

MOHAMADREZA M., Mehrnoosh A., Malihe N. B., Quantitative and Qualitative Study of Wastewater Generated by Carwashes with Work Permit in Karaj and the Efficiency of Coagulation and Clarification Process to Treat Wastewater of the Stations in 2016-2017, Biochemical Technology Society. [en línea]. 05 de septiembre de 2018. [Fecha de consulta: 23 de octubre de 2021].

Disponible en:
<https://biochemtech.com/storage/models/article/IOu6dS2MtLrBy1PkLQpVUcMrXwWlprODGvWqnaaVqbtVanyvZ3IPt4DJaiVW/quantitative-and-qualitative-study-of-wastewater-generated-by-carwashes-with-work-permit-in-karaj-.pdf>

MAWLOOD y Abbas, Aluminum Foil Electrocoagulation Car Wash Wastewater Treatment. Revista de Ingeniería. [en línea]. Vol. 25 de octubre de 2019. [Fecha de consulta: 23 de octubre de 2021].

Disponible en: <http://docsdrive.com/pdfs/medwelljournals/erj/2018/6-11.pdf>

MONNEY I., *et al.*, Treating waste with waste: the potential of synthesized alum from bauxite waste for treating car wash wastewater for reuse. *Environmental Science & Pollution Research* [en línea]. Vol. 26. n°13. Mayo - 2019. [Fecha de consulta: 23 de abril de 2021].

Disponible en: [http://eds.b.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=0&sid=09d6f9e9-e132-4fa2-9a5b-e01f03423e00%40pdc-vsessmgr03&bdata=Jmxhbm9ZXMmc2l0ZT1lZHMtbGl2ZQ%3d%3d#AN=136014518 &db=eih](http://eds.b.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=0&sid=09d6f9e9-e132-4fa2-9a5b-e01f03423e00%40pdc-vsessmgr03&bdata=Jmxhbm9ZXMmc2l0ZT1lZHMtbGl2ZQ%3d%3d#AN=136014518&db=eih)

MOAZZEM Shamima, *et al.*, Performance of ceramic ultrafiltration and reverse osmosis membranes in treating car wash wastewater for reuse. *Investigación en ciencias ambientales y contaminación* [en línea]. Vol. 25:(9), 10 de marzo del 2018. [Fecha de consulta: 30 de abril de 2021].

Disponible en: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85040375615&origin=resultslist&sort=plff&src=s&sid=4005852a5d537c6804778a696d6d4664&sot=b&sdt=b&sl=125&s=TITL E-ABSKEY%28Performance+of+ceramic+ultrafiltration+and+reverse+osmosis+membranes+in+treating+car+wash+wastewater+for+reuse%29&relpos=0&citeCnt=14&searchTerm>

PIZA Burgos, Narcisa D., Amaiquema Márquez, Francisco A. y Beltrán Baquerizo Gina E., Métodos y técnicas en la investigación cualitativa. Algunas precisiones necesarias. *SciELO* [en línea]. vol.15, n° 70, sept.-oct. 2019. [Fecha de consulta: 02 de diciembre del 2019]

REZA Davarnejad, KASRA Sarvmeili y MEYSAM Sabzehei, Tratamiento de aguas residuales de lavado de autos mediante un proceso de oxidación avanzado: una técnica rápida para la reducción de DQO de las fuentes de contaminantes del agua.

Disponible en: <http://dx.doi.org/10.29356/jmcs.v63i4.786>

ISSN: 2594-0317

Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1990-86442019000500455 ISSN: 1990-8644

RODRIGUEZ Boluarte, Ida Alicia, *et al.*, Reuse of car wash wastewater through chemical coagulation and membrane bioreactor treatment processes. *Elsevier*, Vol. 133: 44 – 48, 1 de septiembre del 2016.

ISSN 09648305

ROSSI María. Oportunidades de mejoras ambientales por el tratamiento de aguas residuales en el Perú. [en línea]. Lima. Fondo Nacional del Ambiente, 2010 [fecha de consulta: 18 de abril de 2021]. Capítulo 1. Panorama de las tecnologías existentes en el tratamiento de aguas residuales domésticas.

Disponible en:

[https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/0605A78F2E41896205257DC800592EF0/\\$FILE/Oportunidades Mejoras Ambientales.pdf](https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/0605A78F2E41896205257DC800592EF0/$FILE/Oportunidades_Mejoras_Ambientales.pdf)

UCAR D., Membrane processes for the reuse of car washing wastewater. *Revista de reutilización y desalinización del agua* [en línea]. Vol. 8, n°2, abril de 2018. [Fecha de consulta: 2 de mayo de 2021].

Disponible en: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85045982393&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=63321b6e6fabf04f1855e24cd9d5fd57&sot=b&sdt=b&sl=68&s=TITL E- ABS- KEY%28Study+of+Car+Wash+Wastewater+Treatment+by+Adsorption.%29&relpos= 2&citeCnt=9&searchTerm>

VEIT MT., et al., Automotive Wash Effluent Treatment Using Combined Process of Coagulation/Flocculation/ Sedimentation–Adsorption. *Contaminación del agua*, el

aire y el suelo [en línea]. Vol. 231. n° 10, 2020. [Fecha de consulta: 10 de abril de 2021].

Disponible en: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85091298137&origin=resultslist&sort=plf->

ISSN 00496979

VERÉB, G., et al., Purification of real car wash wastewater with complex coagulation/flocculation methods using polyaluminum chloride, polyelectrolyte, clay mineral and cationic surfactant. *Ciencia y Tecnología del agua*, Vol. 80, (10): 1902-1909, 15 de noviembre de 2020. ISBN: 02731223

ISBN: 02731223

WILLS, Moazzem y Jegatheesan, Treating Car Wash Wastewater by Ceramic Ultrafiltration Membranes for Reuse Purposes, 29 May 2019. [Fecha de consulta: 10 de abril de 2021].

Disponible en: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-75199-3_4

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de categorización

AMBITO TEMÁTICO	PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	OBJETIVO GENERAL	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	CATEGORÍAS	SUBCATEGORÍAS
Técnicas de remoción de contaminantes en las aguas residuales de los lavaderos de autos	¿Cuáles son las mejores técnicas de remoción del DQO, Sólidos Suspendidos Totales, Tensioactivos y Turbidez en las aguas residuales de lavaderos de autos y los mejores niveles de pH?	¿Cuáles son las técnicas fisicoquímicas que remueven, DQO, sólidos suspendidos totales, tensioactivos, turbidez, y los niveles de pH en las aguas residuales de lavaderos de autos?	Evaluar las mejores técnicas de remoción del DQO, sólidos suspendidos totales, tensioactivos, turbidez e identificar los mejores niveles de pH en las aguas residuales de los lavaderos de autos	Evaluar la remoción del DQO, sólidos suspendidos totales, tensioactivos, turbidez e identificar los mejores niveles de pH en aguas residuales de lavaderos de autos según el tipo de técnicas aplicada	Fisicoquímicas	Adsorción (Bentonita Natural)
						Absorción y Carbón Activado
						Coagulación y Floculación, Sedimentación y Adsorción
						Coagulación, Floculación, Sedimentación y Filtración de arena
						Coagulación, Floculación, Sedimentación y Filtración
						Electrocoagulación / flotación (ECF), sedimentación y filtración

					Filtración Granular de Membrana, Coagulación, Floculación y Sedimentación
					Biorreactor de Membrana (MBR), Coagulación y Ozonificación
					Sedimentación, Filtración y Filtración por Membranas.
					Coagulación y Floculación (Moringa Olifeira)
					Coagulación y Floculación
					Filtración con arena, Coagulación, Floculación y Sedimentación
					Coagulación y Clarificación

					Electro-Fenton (EF)
					Sistema de filtro (macrófitas en flotación a escala de laboratorio)
					Vetiver (Vetiveria zizanioides)
		¿Cuáles son los niveles de remoción de los contaminantes según las técnicas aplicadas?	Evaluar los niveles de remoción del DQO, Sólidos Suspendidos Totales, Tensioactivos, y Turbidez e identificar los mejores niveles de pH según los métodos aplicadas	Nivel de remoción	_Alto _Medio _Bajo
		¿Cuáles son los mejores porcentajes de remoción de contaminantes según las técnicas aplicadas?	Establecer los mejores porcentajes de remoción de contaminantes según las técnicas aplicadas	Porcentaje de remoción	90% - 100%

Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 2. Ficha de Instrumento de recolección de datos

N°	Nombre Del Artículo	Autor	Año	Revista	Técnicas De Tratamiento	% de Remoción				Unid.	CONCLUSIONES	REFERENCIAS	LINK
						SDT	DQO	Turbidez	Tensioactivos	pH			

Fuente: Elaboración Propia