



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Tratamientos integrados para la eliminación de contaminación de
aguas residuales de lavandería: Revisión sistemática**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Ambiental

AUTORES:

Quintanilla Masias, Edu Miguel (ORCID: 0000-0002-1418-6198)

ASESOR:

Mgtr. Honores Balcázar César Francisco (ORCID: 0000-0003-3202-1327)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Tratamiento y Gestión de los Residuos

LIMA – PERÚ

2021

DEDICATORIA

A mis padres por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros de los debo a ustedes entre los que incluye este. Me formaron con reglas y valores, lo que hizo que con esfuerzo alcance mis anhelos.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi gratitud a Dios, quien con su bendición llena siempre mi vida y a toda mi familia por estar siempre presentes.

Asimismo, agradezco infinitamente a mis Hermanos que con sus palabras me hacían sentir orgulloso de lo que soy y de lo que les puedo enseñar. Ojalá algún día yo me convierta en su fuerza para que puedan seguir avanzando en su camino.

INDICE DEL CONTENIDO

| | |
|---------------------------------|-----------|
| DEDICATORIA..... | ii |
| AGRADECIMIENTOS | iii |
| ÍNDICE DE TABLAS..... | iv |
| ÍNDICE DE GRÁFICOS | iv |
| RESUMEN | vi |
| ABSTRACT | vii |
| I. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| II. MARCO TEÓRICO..... | 4 |
| III. METODOLOGÍA..... | 13 |
| IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 29 |
| V. CONCLUSIONES..... | 38 |
| VI. RECOMENDACIONES | 39 |
| BIBLIOGRAFÍA | 40 |

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°1: Parámetros físico-químicos y métodos de caracterización de aguas residuales de lavandería

Tabla N°2: Características fisicoquímicas de lagunas grises

Tabla N°3: Antecedes de tratamientos integrados para la eliminación de contaminación de aguas residuales de lavandería

Tabla N°4: Matriz de categorización apriorística

Tabla N°5: Tratamientos integrados

Tabla N°6: Tipos de parámetros de medición

Tabla N°7: Potenciales y debilidades de los tratamientos integrados

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N°1: Diagrama de los tratamientos integrados de aguas residuales de lavandería

Gráfico N°2: Procedimiento de información

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

AOP= Proceso de oxidación avanzado

DQO= Demanda química de oxígeno

DBO5= Demanda bioquímica de oxígeno

MPF= Fibras microplásticas

PET= Polímero de tereftalato de polietileno

MP= Microplásticos

XOC= Compuestos orgánicos xenobióticos

LAS= Sulfato de alquibenceno

LW= Aguas residuales de lavandería

TN= Nitrógeno total

HTC= Carbonización hidrotermal

RESUMEN

Se ha estudiado los tratamientos de las aguas residuales de lavandería; con el objetivo de determinar de qué manera los tratamientos integrados ayudan en la eliminación de contaminación de aguas residuales de lavandería. Empleando una revisión sistemática a nivel nacional e internacional, mediante la recolección de diversos tratamientos integrados. Para lo cual, el estudio el presente estudio está enfocado en un tipo de investigación cualitativa de diseño narrativo.

Los resultados en base a los 3 objetivos específicos planteados nos demuestran lo siguiente: Las tecnologías de tratamientos integrados para eliminar el contaminante de las aguas grises son en un 85% empleadas por el tratamiento fisicoquímico; en un 5% biológicos y la combinación de alguno de ellos + fisicoquímicos en un 5%. Los parámetros de medición de la calidad de aguas residuales de lavandería a nivel estándar son aplicados mediante los parámetros referidos a la regulación como se establece en el Método de Monitoreo y Análisis de Agua y Aguas Residuales; siendo los parámetros la demanda química de oxígeno (CODcr), la demanda bioquímica de oxígeno de cinco días (DBO5), el carbono orgánico total (TOC) y la cantidad de luz ultravioleta (UV) absorbida por los compuestos orgánicos. Por último, los potenciales y debilidades de las aplicaciones de las tecnologías que se usan en el tratamiento integrado para eliminar el contaminante de las aguas grises, nos demuestran que los tratamientos fisicoquímicos presentan un enorme potencial en el tratamiento de aguas grises en comparación con los tratamientos biológicos, físicos o químicos individualmente ya que la tecnología tiene un bajo costo de desarrollo, es fácil de instalar y se puede implementar a pequeña escala. También presenta la ventaja de poder combinarse con otras técnicas de tratamiento para producir un resultado mejorado.

Palabras clave: Agua gris, agua residual de lavandería, tratamientos integrados, fisicoquímicos, biológicos, físicos.

ABSTRACT

Laundry wastewater treatments have been studied; with the objective of determining how integrated treatments help in the elimination of contamination from laundry wastewater. Employing a systematic review at the national and international level, by collecting various integrated treatments. For which, the study the present study is focused on a type of qualitative research of narrative design.

The results based on the 3 specific objectives set show us the following: Integrated treatment technologies to eliminate the pollutant from gray water are 85% used by physicochemical treatment; 5% biological and the combination of some of them + physicochemical 5%. The parameters of measurement of the quality of laundry wastewater at a standard level are applied through the parameters referred to the regulation as established in the Method of Monitoring and Analysis of Water and Wastewater; The parameters being the chemical oxygen demand (COD_{Cr}), the five-day biochemical oxygen demand (BOD₅), the total organic carbon (TOC) and the amount of ultraviolet (UV) light absorbed by the organic compounds. Finally, the potentials and weaknesses of the applications of the technologies that are used in integrated treatment to eliminate the pollutant from gray water, show us that physicochemical treatments have enormous potential in the treatment of gray water compared to treatments biological, physical or chemical individually as the technology has a low development cost, is easy to install and can be implemented on a small scale. It also has the advantage of being able to be combined with other treatment techniques to produce an improved result.

Keywords: Gray water, laundry wastewater, integrated treatments, physicochemical, biological, physica

I. INTRODUCCIÓN

La rápida urbanización y el aumento de la población mundial han llevado a la generación de volúmenes sustanciales de aguas residuales de lavandería; lo que lleva a la contaminación del agua en una preocupación pública en los últimos años, tanto en los países desarrollados como en los subdesarrollados (Sheth K. et al., 2017, p.2). Sabiendo, que la presencia de contaminantes en las masas de agua compromete tanto la salud pública como el medio ambiente (Ramcharan T. y Bissessur A., 2016, p.1).

En los países en desarrollo, el rápido crecimiento de la industria de la lavandería en las ciudades ha conducido a la degradación del medio ambiente, dada su generación de volúmenes sustanciales de aguas residuales (Suaria G. et al., 2020, p.1). Por término medio, una lavandería utiliza 15 L de agua para procesar 1 kg de ropa y vierte un total de 400 m³ de aguas residuales al día (Liu J. et al., 2021, p.2). Así también, la contaminación por microfibras plásticas producida por el lavado doméstico y comercial de textiles sintéticos ha sido recientemente incriminada en la prensa y la literatura científica como la principal fuente (hasta un 90%) de micro plásticos primarios en los océanos (Gaylarde C. et al., 2021, p.1).

Las aguas grises de lavandería son una de las corrientes de aguas grises domésticas más grandes, pero potencialmente dañinas para el suelo; debido a la presencia de tensioactivos residuales (Hardie A. et al., 2021, p.1).

Pero también el agua de lavado se puede dividir en una corriente de concentrado y una fracción de agua, donde la corriente de concentrado contiene la mayoría de los tensioactivos valiosos y tiene valor para reciclar (Linclau Eddy et al., 2016, p.1). Hoy en día, algunas de estas corrientes de agua de lavado se tratan en el sitio antes de descargarlas; esto generalmente implica un tratamiento físico-químico y / o un tratamiento biológico y, cuando sea necesario, un pulido adicional (Bering S. et al., 2018, p.2). Pero, los sistemas de tratamiento convencionales generalmente consisten en procesos múltiples para la eliminación de contaminantes, incluido el detergente, para cumplir con la especificación de descarga o reutilización de agua (Bilad M. et al., 2020, p.1).

En consecuencia, se ha abogado por el tratamiento de las aguas residuales de la lavandería para frenar la contaminación del agua y lograr la sostenibilidad del agua. Sin embargo, las limitaciones tecnológicas en el tratamiento (específicamente) de las aguas residuales de la lavandería y la falta de regulaciones que regulen los niveles de contaminantes para tales descargas han sido problemas perennes (Ho K. et al., 2020, p.1).

Las tecnologías de tratamiento de aguas grises se dan mediante procesos fisicoquímicos, biológicos y de oxidación avanzada (Kurniawan S. et al., 2021, p.1).

Empleándose entre ellas, el tratamiento in situ en plantas de aguas residuales, pero normalmente requiere un proceso de oxidación avanzado (AOP) tecnología que utiliza productos químicos y crea un lodo residual (Mohamed E. et al., 2017, p.1). De igual manera se menciona la nanofiltración, el cual es un tratamiento nuevo a escala industrial en sitios de producción de detergentes (Oteng P. et al., 2018, p.3). Así también se encuentra la ozonización catalítica; siendo uno de los mejores métodos de tratamiento y tratamientos de reducción además de la incineración externa, que, aunque presente eficientes resultados representará su uso un costo significativo (Patil V. et al., 2020, p.1).

Debido a ello, se busca comparar técnicas eficientes y que presenten mayores desventajas; para lo cual; se planteó el siguiente problema general: ¿De qué manera los tratamientos integrados ayudan en la eliminación de contaminación de aguas residuales de lavandería? Dando ello lugar a los siguientes problemas específicos: ¿Cuáles son las tecnologías de tratamientos integrados para eliminar el contaminante de aguas grises o aguas residuales?, ¿Cuáles son los parámetros de medición de la calidad de aguas residuales de lavandería? Y ¿Cuáles son los potenciales y debilidades de las aplicaciones de las tecnologías de tratamientos integrados para eliminar el contaminante de aguas grises o aguas residuales de lavandería?

Generándose de igual manera el siguiente objetivo general: Determinar de qué manera los tratamientos integrados ayudan en la eliminación de contaminación de aguas residuales de lavandería y obteniendo así los siguientes objetivos específicos: Determinar mediante una comparación las tecnologías de tratamientos integrados para eliminar el contaminante de aguas grises o aguas residuales, Analizar los parámetros de medición de la calidad de aguas residuales de lavandería y Definir los

potenciales y debilidades de las aplicaciones de las tecnologías de tratamientos integrados para eliminar el contaminante de aguas grises o aguas residuales de lavandería.

A pesar de la importancia de las aguas residuales domésticas, la contribución de las aguas grises a la contaminación se ve incrementado debido al escaso tratamiento que se les brinda.

Debido a ello, este trabajo de investigación se justifica teóricamente, en la recopilación de diversos estudios prácticos a nivel nacional e internacional, acerca de los tratamientos integrados para la eliminación de contaminación de aguas residuales de lavandería; buscando así proporcionar información actualizada sobre la contaminación mundial del agua causada por el lavado de textiles y algunas posibilidades para su control; colaborando teóricamente con los futuros investigadores o tesisistas que busquen un enfoque amplio ya actualizado de la contaminación de aguas residuales de lavandería.

II. MARCO TEÓRICO

Los procesos de lavado, incluidos los procesos de doble fase, utilizan cantidades importantes de agua; donde la limpieza obtenida en el lavado es el resultado de las acciones sinérgicas entre los llamados parámetros Sinner, que son la energía mecánica, la energía química, la energía térmica y el tiempo (Allen Steve et al., 2019, p.1). Estos factores tienen que llevar a cabo un sencillo proceso de separación en el que se elimina la suciedad de un sustrato textil (Akhbarizadeh Razegheh et al., 2020, p.1).

La concentración, el tipo y la cantidad de productos químicos añadidos durante el proceso de lavado con agua dependen del tipo de artículos limpiados y del grado de suciedad (Almoroth Bethanie et al., 2018, p.2). Donde los tensioactivos tienen la capacidad única de eliminar tanto la suciedad hidrosoluble como la no hidrosoluble y un extremo de la molécula del tensioactivo (el extremo lipofílico o lipofílico o amante del aceite) penetra en la suciedad aceitosa, mientras que el extremo opuesto de la molécula (el extremo hidrofílico o amante del agua) solubiliza los aceites (Gatidou G. et al., 2019, p.1). Esta acción afloja la suciedad y la dispersa en el agua; pero también la lejía, los ablandadores de agua y los tensioactivos son los ingredientes más importantes de los detergentes para ropa que generan contaminación del agua (Henry B., Laitala K., y Klepp I., 2019, p.2).

Se ha informado de que las aguas residuales de una lavandería donde se lavan artículos muy sucios, contienen aceites minerales, metales pesados y sustancias que tienen valores de DQO de 1200-20.000 mg O₂/L (Kelly M. et al., 2019, p.3). También las aguas residuales de los hospitales contienen grasa, restos de comida, sangre y orina que tienen valores de demanda química de oxígeno (DQO) de 400-1200 mg O₂/L (Lares M. et al., 2018, p.1). Las lavanderías que lavan los artículos de los hogares y los hoteles, contaminan el agua con valores de DQO de 600 a 2500 mg O₂/L (Li Jingyi L. y Chen J., 2018, p.1).

De igual manera, uno de los problemas más graves de la composición y características de las aguas residuales de la industria del jabón y detergentes y de las lavanderías es la alta concentración de polifosfato (Moura Ag de L. et al., 2019, p.1).

A medida que la polifosfato se descompone en ortofosfato, es posible provocar la eutrofización del agua receptora.

El lavado de ropa libera numerosas microfibras, incluidas las fibras microplásticas (MPF). Aunque los MPF en las aguas residuales de las lavanderías son una fuente importante de microplásticos (MP) en las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR), las evaluaciones cuantitativas creíbles de sus contribuciones siguen siendo limitadas (Tian Yujie et al., 2021, p.1). La fibra de poliéster es la fibra textil más importante; su componente, polímero de tereftalato de polietileno (PET), puede cuantificarse mediante cromatografía líquida-espectrometría de masas en tándem (LC-MS / MS) (Zhang Junjie et al., 2019, p.2).

Para la eliminación de metales pesados de las aguas residuales se han utilizado convencionalmente numerosos métodos. Entre ellos se encuentran el intercambio iónico, la oxidación química, la precipitación y la reducción, la ósmosis inversa, la filtración, la recuperación por evaporación, las tecnologías de membrana y el tratamiento electroquímico (Muhamad I. et al., 2020, p.3).

Los cambios en los parámetros físico-químicos de los ecosistemas tienen un impacto sustancial en las especies que viven en ellos, ya que, son los principales factores que controlan la dinámica y estructura del fitoplancton del ecosistema acuático (Sharma Ramesh C. et al., 2016, p.2).

Entre los parámetros fisicoquímicos encontrados en las aguas residuales de lavandería se encuentran en la tabla N°1:

| Parámetros | Método |
|-----------------------------------|--|
| pH | 4500-H + valor de pH |
| Temperatura | 2550 B Temperatura |
| Conductividad | 2510 B Conductividad |
| Coliformes totales | 215 D Método de filtración de membrana |
| Cloro residual | HACH 8021 Método de cloro libre |
| DBO | 5210 D - Día 5 y test DBO |
| Sólidos sedimentables (SS) | 2540 F |
| Sólidos Suspendidos Totales (SST) | 2540 D - sólidos suspendidos secos |
| Turbiedad | 2130 Turbiedad. Método nefelométrico |
| Nitratos | 4500-NO3-B Ultraviolet Spectrophotometric Screening Method |
| Alcalinidad | HACH 8051 Método SulfaVer 4 |

Tabla N°1: Parámetros físico-químicos y métodos de caracterización de aguas residuales de lavandería

Fuente: Modificado de Benis Khaled Z. et al., 2021

De manera análoga, se entiendo por aguas grises como las aguas residuales que se producen en bañeras, duchas, lavabos, fregaderos de cocina, lavavajillas y lavadoras (Zipf Mariah et al., 2016, p.2).

Como se mencionó anteriormente, los residuos de lavandería contribuyen al mayor volumen en los tipos de aguas grises, sin embargo, la biodegradabilidad de los residuos de lavandería es alta, que es de alrededor del 67% (Noutsopoulos C. et al., 2018, p.4). Y uno de los efectos de no recibir un tratamiento adecuado es el impacto hacia el medio acuático, ya que la mayoría de los residuos de aguas grises contaminan fuentes de agua como el río (Noutsoulos et al., 2017, p.1).

Otro contaminante producido por las aguas grises es un surfactante llamado compuestos orgánicos xenobióticos (XOC) que contienen solfunato de alquibenceno lineal de detergente aniónico (LAS). XOC es producido por productos químicos domésticos como detergentes, jabones, champús, blanqueadores y limpiadores (Chen Cong et al., 2020, p.2). También, los efectos ambientales causados por estos tensioactivos son bastante graves, ya que pueden interferir con el crecimiento de algas, bacterias y peces, incluso en presencia de concentraciones de tensioactivo tan bajas como 0,2 mg / L en el agua (Schmitt Félix et al., 2018, p.4).

Otro elemento contaminante en las aguas grises son los nutrientes y pueden estar en forma de nitrógeno y fósforo disueltos; y el nitrógeno total (TN) consiste en nitrato (NO₃ -N), nitrito (NO₂ -N), amoníaco (NH₃ -N) y nitrógeno unido orgánicamente (Satria Arysca et al., 2019, p.2).

La alta concentración de amoníaco es mala para los ecosistemas acuáticos; ya que, causa intoxicación e inhibe el crecimiento de los peces, si se encuentra en concentraciones de más de 0,2 mg / L (Devi P., et al., 2017, p.3).

Entre las características fisicoquímicas de las aguas agrises se encuentran el pH, TSS, COD, BOD, TN y LAS (Ver Tabla N°2).

| Generadores de aguas grises | pH | TSS | COD | BOD | TN | LAS |
|------------------------------------|-----------|------------|------------|------------|-----------|------------|
|------------------------------------|-----------|------------|------------|------------|-----------|------------|

| | | | | | | |
|--------------------|-----------|-----------|-------------|------------|-----------|-----------|
| Baño | 7,5 ± 0,1 | 73,5 ± 38 | 390 ± 125 | 263 ± 83 | 2,7 ± 2,2 | 78 ± 34 |
| Lavabo | 7,6 ± 0,2 | 69,2 ± 35 | 427 ± 192 | 305 ± 129 | 2,5 ± 1,9 | 42 ± 26 |
| Ropa sucia | 6,9 ± 0,4 | 90,5 ± 68 | 1119 ± 476 | 831 ± 358 | 6,5 ± 5,0 | 87 ± 76 |
| Cocina | 8,3 ± 0,8 | 58,9 ± 48 | 2072 ± 1401 | 1363 ± 950 | 6,2 ± 5,3 | 436 ± 288 |
| Lava platos | 10 ± 0,2 | 319 ± 209 | 411 ± 59 | 184,6 ± 24 | <0,5 | 7 ± 5,6 |

Tabla N° 2: Características fisicoquímicas de aguas grises

Fuente: Noutsopoulos C. et al., 2018

Debido a estas generaciones de volúmenes sustanciales de aguas residuales de lavandería se ha abogado por el tratamiento de las aguas residuales de la lavandería para frenar la contaminación del agua y lograr la sostenibilidad del agua (Yu Zita et al., 2016, p.2).

En general, el sistema de tratamiento de aguas residuales de lavandería puede clasificarse en tres procesos: físico-químicos, biológicos y la combinación de procesos físico-químicos y biológicos (Ho Kah Chun et al., 2020, p.1).

En el tratamiento fisicoquímico se destacan 3 tratamientos en las aguas residuales de lavandería; siendo ellas: la filtración por membrana, adsorción y electrocoagulación. Como tratamientos biológicos destacados se tiene al tratamiento aeróbico, anaeróbico y biofiltro o humedal (Manouchehri Ma. Y Kargari A., 2017, p.2). Por último, se encuentra la combinación de tratamientos fisicoquímicos y biológicos (Katam Keerthi et al., 2018, p.1).

En el tratamiento fisicoquímico los tipos de membranas se seleccionan normalmente en función de la cantidad de tensioactivos presentes en las aguas residuales de la lavandería (Haan Teo Yei et al., 2018, p.3). Además, del tipo de tensioactivos en las aguas residuales de la lavandería, las características de los materiales adsorbentes también rigen la eficacia del tratamiento por adsorción (Razzaz Zairet al., 2016, p.1).

Los distintos tipos de adsorbentes poseen grupos funcionales activos a nivel molecular que proporcionan afinidad selectiva hacia diversos tensioactivos, a través de la interacción electrostática o de mecanismos de coordinación (Teow Yeit H. et al., 2020, p.2).

Así también, en la electrocoagulación los iones o coloides (orgánicos o inorgánicos) en un efluente que pasa por una célula de electrocoagulación (o reactor) son inducidos a coagular, con cargas eléctricas desde electrodos (cátodo y ánodo) en contacto con el efluente (Ho K. et al., 2021, p.2).

El tratamiento biológico de las aguas residuales es un proceso mediante el cual las bacterias y otros microorganismos utilizan sustancias orgánicas como alimento; casi cualquier sustancia orgánica puede ser utilizada como alimento por una o más especies de bacterias, hongos, ciliados, rotíferos u otros microorganismos (Antczak M. et al., 2016, p.5).

El tratamiento aeróbico se utiliza para eliminar compuestos orgánicos (DBO o DQO) y oxidar el amoníaco a nitrato de las aguas de lavandería o aguas grises (Gikas P., 2017, p.1). La eliminación total de nitrógeno orgánico del agua de alimentación se puede lograr reciclando el efluente de nitrato del proceso de lodos activados (ASP) aguas arriba del proceso aeróbico en condiciones anóxicas (Kollmann R. et al., 2017, p.1).

Así también, el tratamiento anaeróbico se refiere al tratamiento biológico de aguas residuales solubles y coloidales en ausencia de oxígeno, con un potencial redox bajo. Tienen varias ventajas sobre los procesos de tratamiento aeróbico (Youcai Z., 2018, p.362):

- Requieren menos energía para su funcionamiento que el proceso de tratamiento aeróbico.
- El costo del tratamiento y eliminación de lodos se reduce significativamente.
- Requiere menos nutrientes porque se produce menos biomasa. Por lo tanto, el costo de la suplementación con nutrientes, donde sea necesario, es mucho menor en el tratamiento anaeróbico.
- Requiere un volumen de reactor más pequeño, ya que puede manejar tasas de carga volumétricas más altas.
- Produce metano, que es una fuente potencial de energía.

Por último, los biofiltros que comprenden escamas de quitosano también tienen la capacidad de eliminar el cobre de las aguas residuales industriales con una capacidad de ~ 100 g de Cu / kg de quitosano (Soreanu G., 2016, p.13).

Así también, se muestra una representación de la clasificación de los tratamientos integrados clasificados por tratamientos físicoquímicos, físicoquímicos – biológicos y biológicos – químicos, en el gráfico 1.

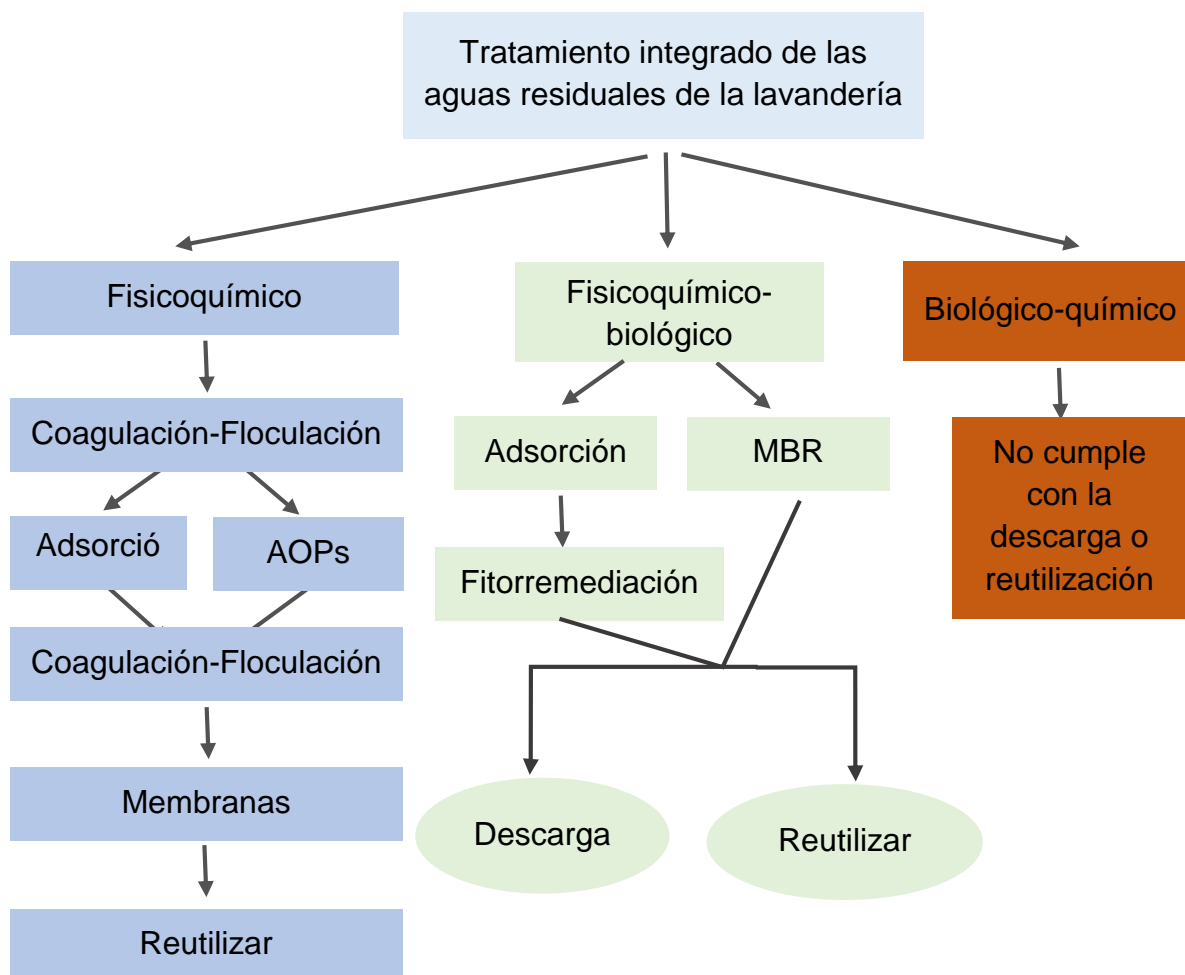


Gráfico N°1: Diagrama de los tratamientos integrados de aguas residuales de lavandería

Fuente: Modificado de Ho K. et al., 2020

El presente estudio cuenta con 72 antecedentes de los cuales se seleccionaron los 15 más relevantes en se plasmó en la tabla N°3 detallando la eficiencia de la remoción de cada tipo de tratamiento integrado.

Tabla N°3: Antecedes de tratamientos integrados para la eliminación de contaminación de aguas residuales de lavandería

| Investigación | Tipo de tratamiento integrado | de Eficiencia del resultado | Cita |
|---|-------------------------------|--|---------------------------|
| Recuperación de agua y reutilización in situ de | Proceso biológico y | La relación óptima DBO / DQO en el proceso | Benis Khaled et al., 2021 |

| | | | |
|---|---|--|------------------------------------|
| las aguas residuales de la lavandería mediante un sistema sencillo y rentable: proceso combinado de oxidación biológica y avanzada | fisicoquímico combinado | biológico aumenta la actividad enzimática y es eficaz para la mineralización completa de los detergentes residuales. | |
| Eliminación de tensioactivos no iónicos y aniónicos de aguas residuales de lavandería reales mediante un sistema de tratamiento a gran escala | Tratamiento físico - Reactor de membrana de aeróbica termófila (TAMR), la nanofiltración (NF) y la adsorción sobre carbón activado (CA) | El proceso TAMR ha sido capaz de soportar condiciones de alto estrés (picos de carga repentinos) y resistir una alta concentración de tensioactivos, lo que le permite realizar una actividad de pretratamiento eficaz. Tanto en el caso de la remoción de TAS como de MBAS, la combinación de procesos permitió obtener mayores rendimientos de remoción. | Collivignarelli Maria et al., 2019 |
| Tratamiento anaeróbico a escala piloto de aguas residuales y aguas residuales domésticas de lavandería: resiliencia de la comunidad microbiana con respecto a la producción de sulfuros | Tratamiento físico - Reactor de lecho de lodo granular expandido a escala piloto | La eficiencia de eliminación de tensioactivo disminuyó con el aumento de la porción de aguas residuales de lavandería en la alimentación. | Moura Ag. Et al., 2019 |
| Desarrollo de procesos combinados de filtración por membranas, tecnologías electroquímicas y de adsorción para el tratamiento y reutilización de las aguas residuales de la lavandería y la eliminación de etoxilatos de nonilfenol como tensioactivos. | Tratamiento físico ultrafiltración (UF) | El tratamiento de las aguas residuales de las lavanderías comerciales se realizó utilizando un sistema integrado relevante para la hidrosfera y la quimiosfera; donde el etoxilato de nonilfenol se eliminó eficazmente mediante la metodología propuesta. | Mostafazadeh Ali et al., 2019 |
| Identificación y análisis de mecanismos de incrustaciones en la microfiltración de aguas residuales de lavandería | Membrana de microfiltración (MF) | Al aumentar la presión de alimentación, la contribución del mecanismo de formación de la torta mejoró, mientras que se observó un comportamiento opuesto cuando aumentó la velocidad de flujo de la alimentación. | Choobar Behnam et al., 2019 |

| | | | |
|---|---|---|---------------------------------|
| Tratamiento de aguas residuales utilizando nano-semiconductores de ZnO dopados con Mg: un estudio de su uso potencial en la remediación ambiental | Tratamiento fisicoquímico | El tratamiento de las aguas residuales de la lavandería también demostró una reducción del 31% en el carbono orgánico total (COT), una mejora en la biodegradabilidad de los contaminantes y una alta eficacia en la desinfección de las aguas residuales y promovieron una tasa de germinación de semillas de pepino equivalente a la tasa observada para el control | Oliveira Angelica et al., 2021 |
| Proceso secuencial de coagulación / flocculación / sedimentación-adsorción - microfiltración para el tratamiento de efluentes de lavandería. | coagulación / flocculación / sedimentación | Los parámetros de calidad del agua se mejoraron con la aplicación del proceso secuencial, lo que resultó en una eficiencia de eliminación global del 99,9% para el color, el 80% para la demanda química de oxígeno, el 92,9% para los tensioactivos y el 99,4% para la turbidez. | Huang Anita et al., 2019 |
| Promoción de la producción anaeróbica de ácidos grasos de cadena corta a partir de desechos alimentarios impulsada por la reutilización de aguas residuales de lavandería enriquecidas con alquilbencenosulfonatos lineales | Tratamiento químico | Se enriqueció la abundancia de microorganismos anaerobios responsables de la producción de AGCC. | Luo Jingyang et al., 2019 |
| Síntesis de hidrocares derivados de lodos de lavandería industrial y su aplicación en la eliminación de colorantes catiónicos | Carbonización hidrotermal (HTC) y activación de KHCO_3 | El adsorbente mostró una alta capacidad de adsorción de azul de metileno ($808,83 \text{ mg g}^{-1}$). | Camilo Fernanda C. et al., 2021 |
| Efectos del tiempo de retención hidráulica, el cosustrato y la fuente de nitrógeno en la degradación del tensioactivo aniónico de las aguas residuales de la lavandería en reactores de lecho fluidizado | Tratamiento químico | La eliminación de alquilbencenosulfonato (LAS) fue del $93 \pm 12\%$ (FBR1) y del $99 \pm 2\%$ (FBR2). En FBR1, el nitrato influyó significativamente en la eliminación de LAS ($99 \pm 3\%$ - Fase IV). | Andrade Marcus V. et al., 2017 |

| | | | |
|--|---|--|-----------------------------------|
| Análisis metagenómico del microbioma en tres configuraciones diferentes de biorreactores aplicados al tratamiento de aguas residuales de lavanderías comerciales | Tratamiento fisicoquímico | Aunque los reactores mostraron niveles similares de eliminación de tensioactivos, la composición microbiana, la diversidad funcional y las vías de degradación de compuestos aromáticos fueron significativamente distintas. | Delforno T. et al., 2017 |
| Eliminación del color de los efluentes industriales de tintura y lavandería mediante consorcios microbianos y agentes coagulantes | Tratamiento biológico y fisicoquímico | La mayor reducción de la turbidez y la eliminación adicional del color se obtuvieron en presencia de 0,3 mg l ⁻¹ de tanino y 15 ppm de polímero de floculación a pH 7,5. En estas condiciones, se alcanzó una reducción de la turbidez del 79% y una decoloración del 96% para el efluente. | Costa Andréa F. et al., 2018 |
| Degradación de los tensioactivos del efluente de la ropa doméstica por irradiación con haz de electrones | Irradiación con haz de electrones | La irradiación con haz de electrones (EBI) pudo eliminar el 100% del tensioactivo TWEEN20 del efluente de la ropa para detergente líquido y en polvo. | Selambakkannu Sarala et al., 2021 |
| Electrocoagulación / electroflotación como proceso combinado para la purificación y reutilización de aguas residuales de lavandería | Proceso combinado con electrocoagulación / electroflotación | El estudio del tratamiento de aguas residuales en una planta piloto con valores de laboratorio de los parámetros operativos mostró la reproducibilidad de los resultados de la depuración para los parámetros controlados de calidad del agua e idoneidad del agua para su reutilización. | Dimoglo A. et al., 2019 |
| Eliminación de radionucleidos de las aguas residuales de lavandería que contienen sustancias orgánicas y sólidos en suspensión mediante un intercambiador de iones inorgánicos | Intercambiador de iones inorgánicos | El porcentaje de adsorción de zeolita 4A adsorbe radionucleidos Sr ²⁺ , Cs ⁺ y Co ²⁺ simulados. Alcanzó el 90%, y en ambiente alcalino, el porcentaje de adsorción > 98,7%. | Fang Xianghong et al., 2016 |

Elaboración propia

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

El trabajo de investigación es de tipo cualitativa con enfoque aplicada; ya que, se va recolectar y estudiar investigaciones pasadas con el fin de determinar de qué manera los tratamientos integrados ayudan en la eliminación de contaminación de aguas residuales de lavandería.

De acuerdo con Patton, Michael Quinn. (2014, p.7) la investigación cualitativa contribuye a la comprensión de la condición humana en diferentes contextos y de una situación percibida (Patton M., 2014, p.4). Además, la experimentación aplicada es el proceso de evaluación del rendimiento o la eficacia de un sistema de ingeniería para resolver un problema en condiciones rigurosamente controladas y las características fundamentales de la experimentación aplicada son las métricas para cuantificar el rendimiento a partir de mediciones y el proceso riguroso y la aplicación de controles para determinar los efectos (Edgar T. y Manz D., 2017, p.273).

Así también Edgar T. y Manz D., (2017, p.271) indica que una investigación aplicada es el proceso en el cual se comprende y entiende de qué manera empleamos los conocimientos, buscando resolver una problemática generando resultados.

El diseño empleado es narrativo de tópicos; estos diseños se encuentran enfocados en los autores que cuentan historias para ayudar a esclarecer y resolver problemas de temas en específico y sus relatos históricos son funcionales y tienen un propósito (Figgou L. y Pavlopoulos V., 2015, p.544). Y es ejecutado en la recolección de artículos, científicos que estén enfocados en tratamientos integrados en aguas de lavandería para analizar; para rescatar sus experiencias adquiridas expresadas mediante los datos obtenidos.

3.2. Categoría, subcategoría y matriz de categorización

En la Tabla N°3 se categoriza las variables establecidas de acuerdo a los objetivos específicos y problemas específicos para disminuir la información que se va analizar; ordenándolas en tres categorías y sus respectivas sub categorías.

Tabla N°4: Matriz de categorización apriorística

| Objetivos específicos | Problemas específicos | Categoría | Subcategoría | Criterio 1 | Criterio 2 |
|---|---|---|---|--|---|
| Determinar mediante una comparación las tecnologías de tratamientos integrados para eliminar el contaminante de aguas grises o aguas residuales | ¿Cuáles son las tecnologías de tratamientos integrados para eliminar el contaminante de aguas grises o aguas residuales? | Tipos de tecnologías de tratamientos integrados (Soreanu G., 2016, p.13) | <ul style="list-style-type: none"> • Físicoquímico • Físicoquímico-biológico • Biológico-químico (Modificado de Ho K. et al., 2020, p.4) | De acuerdo al tipo de tratamiento empleado | De acuerdo al contaminante que se quiere eliminar |
| Analizar los parámetros de medición de la calidad de aguas residuales de lavandería | ¿Cuáles son los parámetros de medición de la calidad de aguas residuales de lavandería? | Tipos de parámetros de medición (Gikas P., 2017, p.1) | <ul style="list-style-type: none"> • pH • Sólidos totales • Temperatura • Conductividad • Coliformes totales (Benis Khaled Z. et al., 2021, p.1) | De acuerdo al contaminante presente en el agua | De acuerdo al tiempo de contaminación |
| Definir los potenciales y debilidades de las aplicaciones de las tecnologías de tratamientos integrados para eliminar el contaminante de aguas grises o aguas residuales de lavandería | ¿Cuáles son los potenciales y debilidades de las aplicaciones de las tecnologías de tratamientos integrados para eliminar el contaminante de aguas grises o aguas residuales de lavandería? | Potenciales y debilidades de los tratamientos integrados (Devi P., et al., 2017, p.3). | <ul style="list-style-type: none"> • Eficiencia • Costos • Tiempo (Kuo HUANG. 2019, p.2) | De acuerdo al tiempo de remoción | De acuerdo al porcentaje de remoción |

Elaboración propia

4.3. Escenario de estudio

El escenario de estudio del presente trabajo al ser una revisión sistemática tomará como consideración a los laboratorios en los que se llevaron a cabo los estudios de tratamientos integrados para eliminar los contaminantes de las aguas residuales grises o de lavandería; siendo considerado las fuentes artículos científicos virtuales.

3.4. Participantes

Los participantes que presentarán relevancia e importancia en el estudio al ser una revisión sistemática serán las bases de datos bibliográficas de portales web, bibliotecas virtuales como: Redalyc, scielo, sciencedirect, scopus y dialnet, de las cuales se extrajeron artículos científicos.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

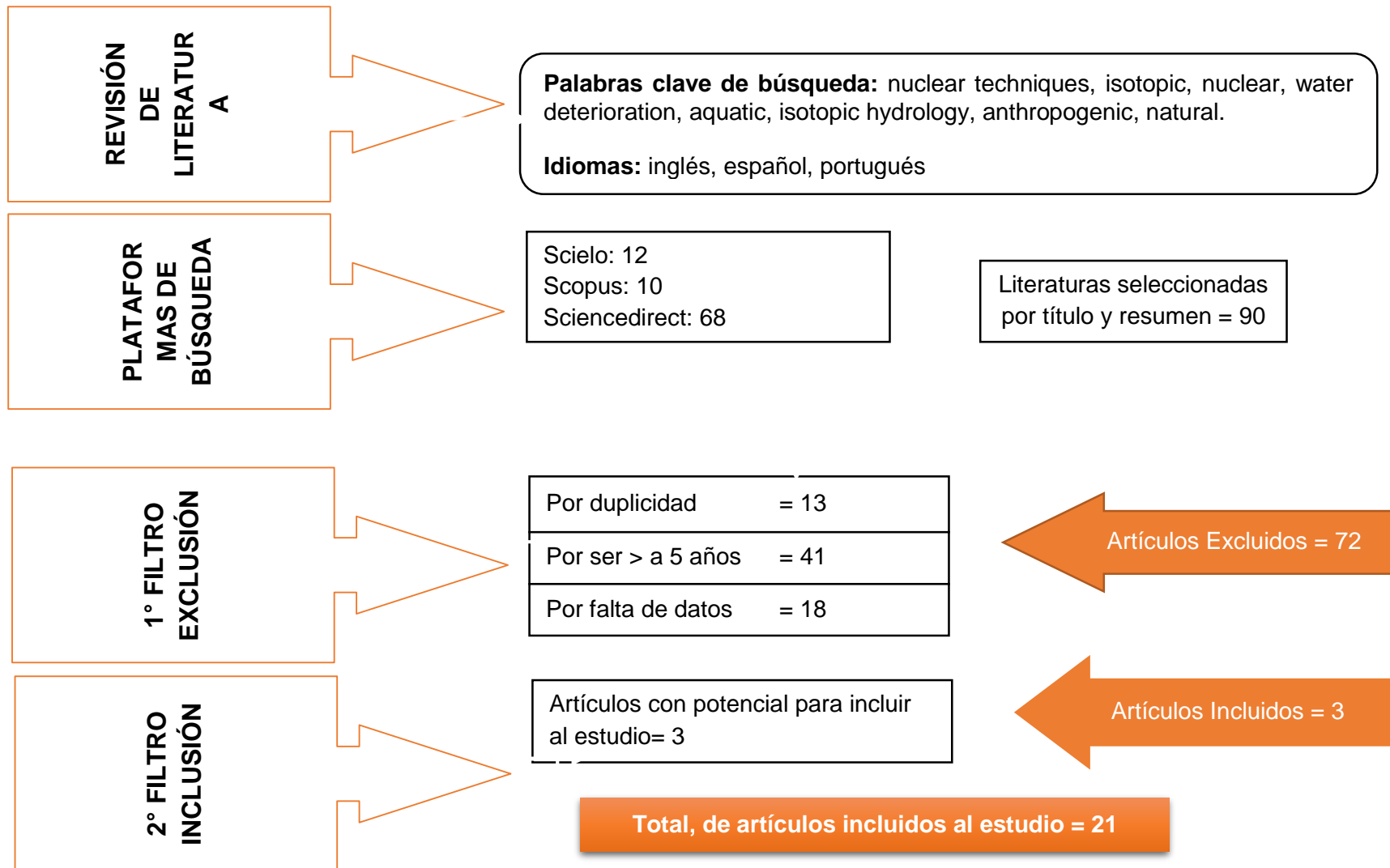
El estudio hace uso de la técnica de análisis documental empleando una ficha llamada "ficha de análisis de contenido" (Ver Anexo N°1).

El análisis documental es una técnica en el cual el analista codifica, estudia y transcribe datos del contenido original para estimar un tema elegido. El análisis documental también puede tomarse como una práctica interpretativa de los documentos bajo análisis, para contribuir con la realidad social (Edgar T. y Manz D., 2017, p.270). Así también, podemos tomar en cuenta que el análisis de documentos toma en consideración la totalidad del contexto en el que el documento ha sido generado, implementado y finalmente evaluado (Zeegers M. y Barron D., 2015, p.9).

La recopilación y extracción de los datos mediante la técnica de análisis de documentos es ejecutada en una ficha; siendo propuesta la ficha de análisis de contenido encontrada en el Anexo 1. Dado que, el análisis documental se centra en el análisis y extracción de la información de documentos originales, se emplea la ficha de análisis su complementariedad, la cual está compuesta por el llenado de datos como datos de autor; tema de investigación, objetivos, tipos de tecnologías, parámetros de medición, conclusiones (Monje, 2011, p.149).

3.6. Procedimiento

Gráfico N°2: Procedimiento de información



3.7. Rigor científico

Fueron empleados 4 rigores científicos para brindar severidad al estudio; siendo la transferibilidad o aplicabilidad, confiabilidad, validez, credibilidad

Es importante tener una consideración cuidadosa de la **transferibilidad** (se aplica a la investigación cualitativa y se relaciona con si los hallazgos podrían aplicarse a otro contexto de práctica similar) y la generalización (se aplica a datos cuantitativos y se relaciona con si los hallazgos podrían generalizarse a una población más amplia más allá de la muestra de participantes de la investigación) de los datos de la investigación. Y esto es aplicado cuando los datos de las investigaciones servirán para futuros autores que deseen abordar en la problemática de la contaminación del agua por residuos de lavandería. Por otro lado, la **confiabilidad**, es el grado en que los datos no son dependientes de las circunstancias, esto requiere que el investigador asegure a los lectores que se habrían producido resultados similares si la investigación se hubiera repetido utilizando métodos iguales o similares. También la **validez**, es un criterio que permite señalar que los datos obtenidos son verídicos, reales y que los hallazgos representan la realidad. Este criterio es obtenido mediante la certeza de haber obtenido los datos de fuentes confiables; siendo utilizadas únicamente revisas científicas de fuentes indizadas. Por último, la credibilidad se encuentra cuando los descubrimientos obtenidos en las investigaciones verdaderas, como los que participan en el estudio (Arias y Giraldom 2011, p.4).

3.8. Método de análisis de información

El procedimiento a seguir está centrado en las categorías y sub categorías planteadas en la matriz apriorística de la Tabla N°4:

Categorías:

Tipos de tecnologías de tratamientos integrados.

Tipos de parámetros de medición

Potenciales y debilidades de los tratamientos integrados

Sub categorías:

Cat. 1: Físicoquímico, Físicoquímico-biológico, Biológico-químico

Cat. 2: pH, Sólidos totales, Temperatura, Conductividad, Coliformes totales

Cat. 3: Eficiencia, Costos, Tiempo

empleando el método de triangulación y de estratificación; para poder agrupar artículos de acuerdo a los tratamientos integrados que ayudan a la eliminación de contaminación de aguas residuales de lavandería.

3.9. Aspectos éticos

Se cumple con diversos aspectos éticos que ayudan a confirmar la veracidad y autenticidad del presente estudio: siendo respetado la referenciación y citado de los artículos de investigación utilizados, de acuerdo al manual ISO 690 y 690-2, así como la normativa generada por la Universidad Cesar Vallejo utilizando la guía de productos observables.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El tratamiento de aguas grises ha atraído el interés público recientemente, no solo debido a su alto volumen en el río, sino que también los desechos de aguas grises tienen el potencial de ser una fuente de agua limpia. Por ello en el presente estudio se busca determinar de qué manera los tratamientos integrados ayudan en la eliminación de contaminación de aguas residuales de lavandería, desarrollando mediante la búsqueda de 21 literaturas en primer lugar las tecnologías de tratamientos integrados para eliminar el contaminante de aguas grises o aguas residuales; detallando los resultados en la tabla 5.

Tabla N°5: Tratamientos integrados

| Tipo de tratamiento | Proceso | Parámetro | Remoción | Autor(es) |
|---------------------|---|--|--|-----------------------------------|
| Fisicoquímico | Coagulación + Sedimentación + Filtro de arena + Filtro GAC | Turbinidad, TSS, carbono orgánico, tensioactivo | Elimina la turbidez, 90%, TSS 60%, DQO 60% y surfactante 80% | Noutsopoulos C. et al., 2018 |
| Fisicoquímico | Filtro textil no tejido | DQO Cr, DBO 5, TSS | Demanda química de oxígeno (DQO Cr): 58.8 y 71.6% Demanda bioquímica de oxígeno (DBO 5): 56.7-79.8% Sólidos suspendidos totales (SST) (67.0–88.4%) | Spychala Marcin et al., 2019 |
| Fisicoquímico | Capa filtrante de Grava + Arena + Carbón activado + Algodón y | pH, color, TDS, turbiedad, coliformes totales y E. coli. | 23%, 95%, 52%, 88%, 100% y 100% para pH, color, TDS, turbidez, | Samayamanthula Dhanu et al., 2019 |

| | | | | |
|---------------------------------------|---|---|--|------------------------------------|
| | CaOCl ₂ como desinfectante | | forma de coli total y E. coli, respectivamente | |
| Biológico y fisicoquímico o combinado | Combinado de oxidación biológica y avanzada | DBO y BQO | DQO: 91% | Benis Khaled et al., 2021 |
| Físico | Cuantificar el efecto de un reactor de membrana aeróbica termófila (TAMR), la nanofiltración (NF) y la adsorción sobre carbón activado (CA) | Tensioactivos no iónicos (TAS) y aniónicos (MBAS) | TAS = > 95% MBAS = > 76% | Collivignarelli María et al., 2019 |
| Físico | Interrupción de gránulos, Degradación anaeróbica | Alquilbenceno lineal (LAS) | LAS= 71% | Moura Ag. Et al., 2019 |
| Físicoquímico | Combinados de filtración por membranas, tecnologías electroquímicas y de adsorción | DQO, SST, turbidez y tensioactivos como nonilfenol etoxilatos (NPEO 3-17) | NPEO 3-17: 91% DQO: >85% SST: >90% | Mostafazadeh Ali et al., 2019 |
| Físico | Ensuciamiento y la incrustación de la membrana | SST | 96% | Choobar Behnam et al., 2019 |
| Físicoquímico | Bio degradabilidad de los contaminantes | Carbono orgánico total (COT) | COT= 31% | Oliveira Angelica et al., 2021 |

| | | | | |
|-----------------------------|---|--|--|-----------------------------------|
| Físicoquímico | Coagulación / floculación / sedimentación | Color, DQO, tensioactivos y turbidez | Color= 99,9% DQO= 80% Tensioactivos = 92,9% Turbidez= 99,4% | Huang Anita et al., 2019 |
| Químico | Producción anaeróbica de ácidos grasos de cadena corta | SST | >80% | Luo Jingyang et al., 2019 |
| Físicoquímico | Carbonización hidrotérmal (HTC) y activación de KHCO_3 | Color | 83% | Camilo Fernanda C. et al., 2021 |
| Químico | Degradación del tensioactivo aniónico | Alquilbencenosulfonato (LAS) | LAS = 99% | Andrade Marcus V. et al., 2017 |
| Físicoquímico | Secuenciación de escopeta de metagenoma | Compuestos aromáticos | >80% | Delforno T. et al., 2017 |
| Biológico y físicoquímico | Consortios microbianos y agentes coagulantes | Color y turbidez | Turbidez= 79% Color= 96% | Costa Andréa F. et al., 2018 |
| Químico | Irradiación con haz de electrones | Tensioactivo | 100% | Selambakkannu Sarala et al., 2021 |
| Físicoquímico | Electrocoagulación / electroflotación | SST, DQO, carbono orgánico total y el contenido de iones metálicos y aniones fosfato y nitrato | Proceso de limpieza del agua= 90% agua purificada | Dimoglo A. et al., 2019 |
| Físicoquímico | Intercambiador de iones inorgánicos | Zeolita | Adsorción = 98,7% | Fang Xianghong et al., 2016 |
| físicoquímico, biológico, y | No indica | SST, Fosforo total, carbono orgánico total | 96% | Ho Kah Chen et al., 2020 |

| | | | | |
|----------------------|---|------------------------------|-------|-----------------------------|
| combinación de ambos | | | | |
| Biológico | Enfoques individuales y combinados basados en ozono, catalizador y cavitación | DBO | 89,3% | Patil Vishal. et al., 2020 |
| Biológico | Reconstrucción de la vía de biodegradación de LAS | Degradación de tensioactivos | 95% | Delforno E. P. et al., 2020 |

Elaboración propia

De acuerdo al estudio los tratamientos integrados de aguas grises existentes, que son el tratamiento fisicoquímico, el tratamiento biológico y el tratamiento biológico químico; se tuvo que en un 85% se emplea el tratamiento fisicoquímico en un 5% biológico, 5% físico y la combinación de alguno de ellos + fisicoquímicos en un 5%.

Los investigadores que emplearon tratamiento integrado mediante método fisicoquímico son: Noutsopoulos C. et al., 2018, Spsychala Marcin et al., 2019, Samayamanthula Dhanu et al., 2019, Mostafazadeh Ali et al., 2019, Oliveira Angelica et al., 2021, Huang Anita et al., 2019, Camilo Fernanda C. et al., 2021, Delforno T. et al., 2017, Dimoglo A. et al., 2019, Fang Xianghong et al., 2016.

De acuerdo con Dimoglo A. et al., 2019 en la tabla 5 el método integrado mediante tratamiento fisicoquímico empleando electrocoagulación y electroflotación generó una purificación del agua de lavandería en el 90%. Ello es también apoyado por Ho Kah Chun et al., (2020, p.1) quien señala en su estudio que la electrocoagulación y la electroflotación son únicos para la eliminación eficaz de turbidez, DQO, fosfato y tensioactivo (MBAS) en un amplio rango de pH (5-9) con una TRH corta (5-10 min).

Apoyando lo anteriormente dicho está Huang Anita et al., 2019; quien utilizó el tratamiento fisicoquímico mediante coagulación, floculación y sedimentación y obtuvo un 90% de eliminación del color del agua gris y/o lavandería, 80% de DQO, 92,9% de tensioactivos y el 99,4% de turbidez. Brindando un apoyo se encuentra Costa Andréa F. et al., (2018, p.1) quien afirma que las mejores reducciones de turbidez y eliminación del color se observan empleando los tratamientos integrados biológicos

en combinación con el tratamiento fisicoquímico; obteniendo aguas que pueden ser lanzadas directamente al recurso hídrico debido a las altas eficiencias de remoción de color del efluente de la industria de teñido y lavandería.

Estudios anteriores han informado de la eliminación óptima de LAS de las aguas residuales de lavandería (LW) mediante procesos físico-químicos (como la electrocoagulación, la adsorción y la ultrafiltración) (Tripathi et al., 2013). Sin embargo, estos procesos sólo transfieren el compuesto recalcitrante de la fase líquida a un residuo sólido que también se desechará en el medio ambiente (lodos químicos, carbón activado y membranas), por lo que deben abordarse desafíos clave para la degradación de LAS (como los que se logran en los tratamientos biológicos).

Por otro lado, Ho Kah Chen et al., 2020, afirma que el tratamiento fisicoquímico, biológico y la combinación de ambos presentó el 96% de eliminación de SST, Fosforo total y carbono orgánico total en el agua residual de lavandería. Siendo ello respaldado por Costa Andréa F. et al., 2018, quien utilizando el mismo tratamiento integrado obtuvo el 79% de turbidez y el 96% de eliminación de color.

Así también, los parámetros de medición de la calidad de aguas residuales de lavandería se determinaron para saber de qué manera los tratamientos integrados ayudan en la eliminación de contaminación de aguas residuales de lavandería; presentando los resultados en la tabla 6:

Tabla N°6: Tipos de parámetros de medición

| Parámetros | Definición | Autor(es) |
|----------------------------------|---|--|
| Demanda química de oxígeno (DQO) | La DQO se puede definir como miligramos de oxígeno que absorberá un litro de efluente de una solución ácida y caliente de dicromato de potasio. Es una medida de la capacidad del agua para consumir oxígeno durante la descomposición de materia orgánica y la oxidación de sustancias químicas inorgánicas como amoníaco y nitrato. Normalmente arroja valores de oxígeno equivalente más altos que la prueba estándar de DBO 5, porque la sustancia química siempre puede oxidar más equivalentes de oxígeno de los que pueden oxidar los microorganismos. | (Parameshwara Murthy et al., 2016), (Syukor AR Abdul et al., 2021), (Youcai Zhao y Ran Wei, 2021, p.63). |

| | | |
|--|---|--|
| Demanda bioquímica de oxígeno de cinco días (DBO5) | Se expresa más comúnmente en miligramos de oxígeno consumidos por litro de muestra durante 5 días de incubación a 20 ° C y a menudo se usa como un sustituto del grado de contaminación orgánica del agua. Representa la carga orgánica biodegradable en el agua y es un parámetro fundamental para evaluar la calidad del agua. | (Daoliang Li y Shuangyin Liu. 2019, p.1), (Senapati Tarakeshwar et al., 2021, p.5). |
| Carbono orgánico total (TOC) | El análisis de carbono orgánico total (COT) es específico de los compuestos orgánicos y, teóricamente, mide todo el carbono enlazado covalentemente en el agua. Este método ha sido reconocido y aceptado como una forma válida de detectar residuos de contaminantes. | (Ziemba Christopher et al., 2018, p.8), (Xiangzeng Wang, 2017, p.2), (Peters K. E. et al., 2016, p.1). |
| Cantidad de luz ultravioleta (UV) (absorbida por los compuestos orgánicos) | La absorción de UV se usa a menudo para monitorear los efluentes de aguas residuales industriales y para evaluar la eliminación de DOC durante los procesos de tratamiento de agua. La absorción espectral muestra una dependencia de los valores de pH con una absorbancia específica decreciente a medida que disminuye el pH de la solución. | (Xu Ruiguang et al., 2016, p.1), (Show Bloss, 2019, p.1). |

Elaboración propia

Las aguas grises se definen como aguas residuales poco contaminadas que se originan en bañeras, duchas, lavamanos y lavadoras, excluidas las aguas residuales del sistema de descarga de inodoros (Murthy et al., 2016, p.4). La calidad de los residuos se mide con base en los parámetros referidos a la regulación como se establece en el Método de Monitoreo y Análisis de Agua y Aguas Residuales (Abdolhossein Hemmati - Sarapardeh et al., 2020, p.1).

De acuerdo al estudio realizado se determinó que los parámetros son la demanda química de oxígeno (CODcr), la demanda bioquímica de oxígeno de cinco días (DBO5), el carbono orgánico total (TOC) y la cantidad de luz ultravioleta (UV) absorbida por los compuestos orgánicos (Torrecilla José S. y Cancilla John C., 2021, p.3).

La literatura existente que investiga las aguas grises o el tratamiento de aguas grises a menudo presenta una caracterización química del agua para lavarse las manos en el mundo real (Muralikrishna I. y Manickam V., 2017, p.1). Estos estudios generalmente no investigan la cantidad o composición de las fuentes contribuyentes ni analizan completamente el agua del afluente, aunque pueden proporcionar información sobre lo que pueden sumar las contribuciones individuales, carbono orgánico total (TOC) o carbono orgánico disuelto (DOC), pero no carbono orgánico asimilable (AOC) biológicamente compatible (Senapati Tarakeshwar et al., 2021, p.5).

Así también se puede afirmar que la relación DBO / DQO se pueden utilizar para estimar la biodegradabilidad del carbono (Ziemba Christopher et al., 2018, p.8). Pero también se encuentra Stamminger Rainer et al. (2018, p.1); quien adiciona a los parámetros ya mencionados en la calidad del agua a los parámetros fisicoquímicos, contenido orgánico, nutrientes y surfactantes que se desarrollan a partir de cada modo de tratamiento de estas aguas grises.

De manera análoga, se analizaron los potenciales y debilidades de las aplicaciones de las tecnologías de tratamientos integrados para eliminar el contaminante de aguas grises o aguas residuales; siendo detalladas en la tabla 7:

Tabla N°7: Potenciales y debilidades de los tratamientos integrados

| | Fisicoquímico | Biológico | Químicos | Físicos |
|--------------------|--|---|---|---|
| Potenciales | <p>Eficiencia: Es eficaz para reducir TSS, TDS y turbidez. Los filtros de arena son eficaces para reducir los niveles de TSS, TDS y aguas grises de turbidez por encima del 80% (Noutsopoulos C. et al., 2018, p.1).</p> <p>Costos: Efectivo en cuanto a costos. Samayamanthula D. et al., 2019, p.3).</p> | <p>Eficiencia: Los porcentajes de eliminación de contaminantes en las aguas grises son en promedio mayores al 90% de efectividad.</p> <p>Tiempo: El proceso de limpieza del agua se da en tiempos cortos y rápidos.</p> | <p>Costos: Los precios con este tratamiento varían (Zoroufchi K. et al., 2021, p.1). De acuerdo a los costos químicos incluyen los costos de los consumibles como el peróxido de hidrógeno y los productos químicos involucrados</p> | <p>Eficiencia: Puede extenderse a superficies extensas.</p> <p>Costos: Presenta costos bajos y el tiempo es relativamente rápido.</p> |

| | | | | |
|--------------------|---|--|--|--|
| | Tiempo: Aunque emplean tiempos no muy cortos los contaminantes se eliminan en su totalidad (Rajapaksha Anushka U. et al., 2019, p.1). | | en el AOP como el foto catalizador de TiO ₂ (Samhaber W. y Nguyen M., 2018, p.1). Tiempo: | |
| Debilidades | Tiempo: Empleando tratamientos fisicoquímicos se requiere de tiempos largos lo que podría resultar como desventajoso. Si el tipo de suelo no es apto para el crecimiento de bacterias no se puede aplicar algún tipo de tratamiento fisicoquímico. | Costos: Es uno de los tipos de tratamientos más costosos; debido a ello no son comúnmente empleados. Debido al empleo de equipos y energía aumentan los costos. Es fuerte con respecto a la mano de obra y el capital (Onorio Olaya et al., 2016, p.2). | Eficiencia: Algunos productos químicos y materiales para el tratamiento del agua que entran en contacto con el agua potable pueden tener un impacto adverso en la calidad del agua suministrada (Rujnic Maja H., 2020, p.97). | Eficiencia: La mayoría de las aplicaciones de este tipo de tratamiento deben hacer uso de grandes construcciones de envergadura. Solo abarcan contaminantes dentro de una zona en específico (Ardizzi María G. et al., 2019, p.53). |

Elaboración propia

Sobre la base del trabajo realizado sobre las tecnologías de tratamientos de aguas grises o de lavandería como los procesos integrados que se emplean para eliminar contaminantes orgánicos, nutrientes y tensioactivos en aguas grises; se tiene que:

Al comparar cada tecnología respecto a sus ventajas y desventajas incluido su potencial en el desarrollo de tecnologías de tratamiento de aguas grises; como se observa en la tabla 5; a los tratamientos fisicoquímicos con un enorme potencial en el tratamiento de aguas grises ya que la tecnología tiene un bajo costo de desarrollo, es fácil de instalar y se puede implementar a pequeña escala. También puede combinarse con otras técnicas de tratamiento para producir un resultado mejorado.

Esto también es corroborado por Gilpavas Edison et al., 2018, p.2) quien emplea el tratamiento fisicoquímico mediante AOP; y señala que tiene un enorme potencial en

el tratamiento de aguas grises, ya que la tecnología tiene un bajo costo de desarrollo, es fácil de instalar y se puede implementar a pequeña escala. Así también el AOP podría combinarse con otras técnicas de tratamiento para producir un resultado mejorado.

Por otro lado, Fajri Joni Aldilla, et al., (2018, p.3) señala que los tratamientos biológicos principalmente al utilizar técnicas de aireación y biorreactores de membrana, utilizando reactor de baño de secuenciación (SBR) elimina los niveles de DQO hasta en un 90%. Otro método de técnica de aireación es el contactor biológico rotatorio (RBC), donde, los RBC se seleccionan para eliminar el TSS y las aguas grises de DBO con niveles de TSS que pueden eliminarse hasta en un 95%, mientras que la concentración de DBO se puede eliminar hasta en un 93% (Judd Simon J., 2016, p.2).

V. CONCLUSIONES

De acuerdo al estudio realizado para buscar técnicas de descontaminación en las aguas residuales de lavandería se buscó determinar de qué manera los tratamientos integrados ayudan en la eliminación de contaminación de aguas residuales de lavandería; obteniendo las siguientes conclusiones:

OE1: Las tecnologías de tratamientos integrados para eliminar el contaminante de las aguas grises son en un 85% empleadas por el tratamiento fisicoquímico; en un 5% biológicos y la combinación de alguno de ellos + fisicoquímicos en un 5%. Siendo la electrocoagulación y electroflotación la tecnología más empleada mediante el tratamiento integrado fisicoquímico, presentando porcentajes de remoción mayores al 90%.

OE2: Los parámetros de medición de la calidad de aguas residuales de lavandería a nivel estándar son aplicados mediante los parámetros referidos a la regulación como se establece en el Método de Monitoreo y Análisis de Agua y Aguas Residuales; siendo los parámetros la demanda química de oxígeno (CODcr), la demanda bioquímica de oxígeno de cinco días (DBO5), el carbono orgánico total (TOC) y la cantidad de luz ultravioleta (UV) absorbida por los compuestos orgánicos.

OE3: Los potenciales y debilidades de las aplicaciones de las tecnologías que se usan en el tratamiento integrado para eliminar el contaminante de las aguas grises o aguas residuales de lavandería, nos demuestra que los tratamientos fisicoquímicos presentan un enorme potencial en el tratamiento de aguas grises en comparación con los tratamientos biológicos, físicos o químicos individualmente ya que la tecnología tiene un bajo costo de desarrollo, es fácil de instalar y se puede implementar a pequeña escala. También presenta la ventaja de poder combinarse con otras técnicas de tratamiento para producir un resultado mejorado.

VI. RECOMENDACIONES

Las recomendaciones en base a la presente revisión sistemática se enfocan a los futuros investigadores que deseen ahondar en la contaminación hídrica y de diversos sectores aplicando investigaciones prácticas.

- ✓ Se recomienda la reutilización de las aguas residuales de lavandería, y ampliar las prácticas de reciclaje de aguas grises.

- ✓ Se recomienda a las investigaciones futuras que deberían centrarse en los aspectos tecno económicos de los procesos de tratamiento, especialmente en su ampliación industrial; para mejorar la aceptación pública hacia la reutilización de las aguas residuales de lavandería.

- ✓ Se recomienda los futuros investigadores realizar combinaciones de técnicas como el AOP= proceso de oxidación avanzado combinado con el proceso de aireación y filtrar para mejorar la reducción de contaminantes sólidos y nutrientes en las aguas grises.

BIBLIOGRAFÍA

1. AKHBARIZADEH, Razegheh, et al. Worldwide bottled water occurrence of emerging contaminants: A review of the recent scientific literature. *Journal of hazardous materials*, 2020, vol. 392, p. 122271. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.122271>
2. ALLEN, Steve, et al. Atmospheric transport and deposition of microplastics in a remote mountain catchment. *Nature Geoscience*, 2019, vol. 12, no 5, p. 339-344. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s41561-019-0335-5>
3. ALMROTH, Bethanie M. Carney, et al. Quantifying shedding of synthetic fibers from textiles; a source of microplastics released into the environment. *Environmental Science and pollution research*, 2018, vol. 25, no 2, p. 1191-1199. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11356-017-0528-7>
4. ANDRADE, Marcus Vinicius Freire, et al. Effects of hydraulic retention time, co-substrate and nitrogen source on laundry wastewater anionic surfactant degradation in fluidized bed reactors. *Bioresource technology*, 2017, vol. 224, p. 246-254. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2016.11.001>
5. ANTCZAK, Magdalena; DZITKO, Katarzyna; DŁUGOŃSKA, Henryka. Human toxoplasmosis—Searching for novel chemotherapeutics. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 2016, vol. 82, p. 677-684. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2016.05.041>
6. ARDIZZI, María Graciela Pozzo, et al. Gestión Ambiental de Sitios Contaminados con Hidrocarburos (GASC).
7. BENIS, Khaled Zoroufchi, et al. Water recovery and on-site reuse of laundry wastewater by a facile and cost-effective system: Combined biological and advanced oxidation process. *Science of The Total Environment*, 2021, p. 148068. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148068>
8. BERING, Sławomira, et al. The application of moving bed bio-reactor (MBBR) in commercial laundry wastewater treatment. *Science of the Total Environment*, 2018, vol. 627, p. 1638-1643. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.02.029>

9. BILAD, Muhammad Roil, et al. Low-pressure submerged membrane filtration for potential reuse of detergent and water from laundry wastewater. *Journal of Water Process Engineering*, 2020, vol. 36, p. 101264. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2020.101264>
10. CAMILO, Fernanda Carla, et al. Synthesis of hydrochars derived from industrial laundry sludge and its application in the removal of cationic dye. *Journal of Water Process Engineering*, 2021, vol. 40, p. 101999. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2021.101999>
11. C. Noutsopoulos , A. Andreadakis , N. Kouris , D. Charchousi , P. Mendrinou , A. Galani Cargas y caracterización de aguas grises - Tratamiento fisicoquímico para promover la reutilización in situ *J. Environ. Gestionar.* , 216 (2017) , págs. 337 – 346.
12. CHEN, Cong, et al. Ammonium recovery from wastewater by Donnan Dialysis: A feasibility study. *Journal of Cleaner Production*, 2020, vol. 265, p. 121838. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121838>
13. CHOOBAR, Behnam Ghalami, et al. Fouling mechanism identification and analysis in microfiltration of laundry wastewater. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 2019, vol. 7, no 2, p. 103030. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2019.103030>
14. COLLIVIGNARELLI, Maria Cristina, et al. Removal of non-ionic and anionic surfactants from real laundry wastewater by means of a full-scale treatment system. *Process Safety and Environmental Protection*, 2019, vol. 132, p. 105-115. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.psep.2019.10.022>
15. COSTA, Andréa Fernanda S., et al. Color removal from industrial dyeing and laundry effluent by microbial consortium and coagulant agents. *Process Safety and Environmental Protection*, 2018, vol. 118, p. 203-210. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.psep.2018.03.001>
16. Daoliang Li y Shuangyin Liu. *Detection of River Water Quality*. 2019, Pages 211-220. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811330-1.00007-7>

17. DELFORNO, T. P., et al. Metagenomic analysis of the microbiome in three different bioreactor configurations applied to commercial laundry wastewater treatment. *Science of the Total Environment*, 2017, vol. 587, p. 389-398. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.02.170>
18. DELFORNO, T. P., et al. Anaerobic reactor applied to laundry wastewater treatment: Unveiling the microbial community by gene and genome-centric approaches. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 2020, vol. 149, p. 104916. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2020.104916>
19. DEVI, P. Anusuya, et al. Review on water quality parameters in freshwater cage fish culture. *International Journal of Applied Research*, 2017, vol. 3, no 5, p. 114-120. Disponible en: ISSN: 2394-7500
20. DIMOGLO, A., et al. Electrocoagulation/electroflotation as a combined process for the laundry wastewater purification and reuse. *Journal of Water Process Engineering*, 2019, vol. 31, p. 100877. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2019.100877>
21. Edgar, T. W., & Manz, D. O. (2017). Applied Experimentation. *Research Methods for Cyber Security*, 271–297. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-805349-2.00011-x>
22. FAJRI, Joni Aldilla, et al. Effect of aeration rates on removals of organic carbon and nitrogen in small onsite wastewater treatment system (Johkasou). En *MATEC Web of Conferences*. EDP Sciences, 2018. p. 04008. Disponible en: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201814704008>
23. FANG, Xianghong, et al. Removal of radionuclides from laundry wastewater containing organics and suspended solids using inorganic ion exchanger. *Procedia Environmental Sciences*, 2016, vol. 31, p. 375-381. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.02.053>
24. Figgou, L., & Pavlopoulos, V. (2015). Social Psychology: Research Methods. *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences*, 544–552. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-097086-8.24028-2>

25. GATIDOU, Georgia; ARVANITI, Olga S.; STASINAKIS, Athanasios S. Review on the occurrence and fate of microplastics in Sewage Treatment Plants. *Journal of hazardous materials*, 2019, vol. 367, p. 504-512. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2018.12.081>
26. GAYLARDE, Christine; BAPTISTA-NETO, Jose Antonio; DA FONSECA, Estefan Monteiro. Plastic microfibre pollution: how important is clothes' laundering?. *Heliyon*, 2021, vol. 7, no 5, p. e07105. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07105>
27. GIKAS, Petros. Towards energy positive wastewater treatment plants. *Journal of environmental management*, 2017, vol. 203, p. 621-629. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.05.061>
28. GILPAVAS, Edison, et al. Tratamiento de aguas residuales de la industria textil mediante coagulación química acoplada a procesos fenton intensificados con ultrasonido de baja frecuencia. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 2018, vol. 34, no 1, p. 157-167. Disponible en: <https://doi.org/10.20937/RICA.2018.34.01.14>
29. HAAN, Teow Yeit, et al. A study on membrane technology for surface water treatment: Synthesis, characterization and performance test. *Membrane Water Treatment*, 2018, vol. 9, no 2, p. 69-77. Disponible en: <https://doi.org/10.12989/mwt.2018.9.2.069>
30. HARDIE, Ailsa G., et al. Impact of powdered and liquid laundry detergent greywater on soil degradation. *Journal of Hydrology*, 2021, vol. 595, p. 126059. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.126059>
31. HENRY, Beverley; LAITALA, Kirsi; KLEPP, Ingun Grimstad. Microfibres from apparel and home textiles: prospects for including microplastics in environmental sustainability assessment. *Science of the total environment*, 2019, vol. 652, p. 483-494. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.166>
32. HO, K. C., et al. Life cycle assessment (LCA) of electrically-enhanced POME filtration: Environmental impacts of conductive-membrane formulation and process operating parameters. *Journal of environmental management*, 2021,

vol. 277, p. 111434. Disponible en:
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111434>

33. HO, Kah Chun, et al. Water pathways through the ages: Integrated laundry wastewater treatment for pollution prevention. *Science of The Total Environment*, 2020, p. 143966. Disponible en:
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143966>
34. HUANG, Anita Kuo, et al. Sequential process of coagulation/flocculation/sedimentation-adsorption-microfiltration for laundry effluent treatment. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 2019, vol. 7, no 4, p. 103226. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2019.103226>
35. JUDD, Simon J. The status of industrial and municipal effluent treatment with membrane bioreactor technology. *Chemical Engineering Journal*, 2016, vol. 305, p. 37-45. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2015.08.141>
36. KATAM, Keerthi, et al. Study of aerobic biodegradation of surfactants and fluorescent whitening agents in detergents of a few selected Asian countries (India, Indonesia, Japan, and Thailand). *Journal of Water and Environment Technology*, 2018, vol. 16, no 1, p. 18-29. Disponible en:
<https://doi.org/10.2965/jwet.17-007>
37. KELLY, Max R., et al. Importance of water-volume on the release of microplastic fibers from laundry. *Environmental science & technology*, 2019, vol. 53, no 20, p. 11735-11744. Disponible en:
<https://doi.org/10.1021/acs.est.9b03022>
38. KOLLMANN, René, et al. Renewable energy from wastewater-Practical aspects of integrating a wastewater treatment plant into local energy supply concepts. *Journal of Cleaner Production*, 2017, vol. 155, p. 119-129. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.08.168>
39. KUO HUANG, Anita, VEIT, Marcia, TREVISANI JUCHEN, Patricia, DA CUNHA GONÇALVES, Gilberto, MORENO PALÁCIO, Soraya, y DE OLIVEIRA CARDOSO, Camila. sequential process of coagulation/flocculation/sedimentation- adsorption - microfiltration for laundry

- effluent treatment. Journal of Environmental Chemical Engineering. Agosto 2019, n°7. Disponibilidad en: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2019.103226>
40. KURNIAWAN, Sigit, et al. Greywater treatment technologies for aquaculture safety. Journal of King Saud University-Engineering Sciences, 2021. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jksues.2021.03.014>
41. LARES, Mirka, et al. Occurrence, identification and removal of microplastic particles and fibers in conventional activated sludge process and advanced MBR technology. Water research, 2018, vol. 133, p. 236-246. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.01.049>
42. LI, Jingyi; LIU, Huihui; CHEN, J. Paul. Microplastics in freshwater systems: A review on occurrence, environmental effects, and methods for microplastics detection. Water research, 2018, vol. 137, p. 362-374. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.12.056>
43. LINCLAU, Eddy, et al. Water and detergent recovery from rinsing water in an industrial environment. Water Resources and Industry, 2016, vol. 14, p. 3-10. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.wri.2016.03.001>
44. LIU, Jianli, et al. Microfiber pollution: an ongoing major environmental issue related to the sustainable development of textile and clothing industry. Environment, Development and Sustainability, 2021, p. 1-17. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10668-020-01173-3>
45. LUO, Jingyang, et al. Promoting the anaerobic production of short-chain fatty acids from food wastes driven by the reuse of linear alkylbenzene sulphonates-enriched laundry wastewater. Bioresource technology, 2019, vol. 282, p. 301-309. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.03.046>
46. Maja Rujnic Havstad. Chapter 5 - Biodegradable plastics. 2020, Pages 97-129. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817880-5.00005-0>
47. MANOUCHEHRI, Massoumeh; KARGARI, Ali. Water recovery from laundry wastewater by the cross flow microfiltration process: A strategy for water recycling in residential buildings. Journal of Cleaner Production, 2017, vol. 168, p. 227-238. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.08.211>

48. MOHAMED, R. M., et al. Removal of nutrients and organic pollutants from household greywater by phycoremediation for safe disposal. *International Journal of Energy and Environmental Engineering*, 2017, vol. 8, no 3, p. 259-272. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s40095-017-0236-6>
49. MONJE-ÁLVAREZ, C. A. (2011). Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa: Guía didáctica. Neiva, Colombia: Universidad Surcolombiana. Facultad de Ciencias Sociales y Humanas. Programa de Comunicación Social y Periodismo. Disponible en: <https://goo.gl/lyYzxJ>
50. MOSTAFAZADEH, Ali Khosravanipour, et al. Development of combined membrane filtration, electrochemical technologies, and adsorption processes for treatment and reuse of laundry wastewater and removal of nonylphenol ethoxylates as surfactants. *Journal of Water Process Engineering*, 2019, vol. 28, p. 277-292. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2019.02.014>
51. MOURA, AG de L., et al. Laundry wastewater and domestic sewage pilot-scale anaerobic treatment: Microbial community resilience regarding sulfide production. *Journal of environmental management*, 2019, vol. 251, p. 109495. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109495>
52. MUHAMAD, I. I.; PA'E, N.; YUSOF, A. H. M. Bacterial nanocellulose and its application in wastewater treatment. En *Sustainable Nanocellulose and Nanohydrogels from Natural Sources*. Elsevier, 2020. p. 299-314. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816789-2.00014-6>
53. MURALIKRISHNA, I. V.; MANICKAM, V. Chapter Eighteen-Analytical Methods for Monitoring Environmental Pollution. *Environmental Management: Science and Engineering for Industry*, 1st Edition. Butterworth-Heinemann, Oxford, UK, 2017, p. 495-570. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811989-1.00018-X>
54. NOUTSOPOULOS, C., et al. Greywater characterization and loadings—physicochemical treatment to promote onsite reuse. *Journal of environmental management*, 2018, vol. 216, p. 337-346. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.05.094>

55. OLIVEIRA, Angelica Goncalves, et al. Wastewater treatment using Mg-doped ZnO nano-semiconductors: A study of their potential use in environmental remediation. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 2021, vol. 407, p. 113078. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jphotochem.2020.113078>
56. ONORIO, OLAYA PIRENE CASTELLANOS, et al. CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE PASIVOS AMBIENTALES CONTAMINADOS CON ACEITES LUBRICANTES EN LA ZONA CONURBADA VERACRUZ-BOCA DEL RÍO. *20 AÑOS DE TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN SUSTENTABLE*, p. 6.
57. OTENG-PEPRAH, Michael; ACHEAMPONG, Mike Agbesi; DEVRIES, Nanne K. Greywater characteristics, treatment systems, reuse strategies and user perception—a review. *Water, Air, & Soil Pollution*, 2018, vol. 229, no 8, p. 1-16. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11270-018-3909-8>
58. PARAMESHWARA MURTHY, P. M.; SADASHIVA MURTHY, B. M.; KAVYA, S. Greywater treatment & reuse: a technological review. *Global journal for research analysis*, 2016, vol. 5, no 3, p. 408-410.
59. PATIL, Vishal V., et al. Treatment of laundry wastewater containing residual surfactants using combined approaches based on ozone, catalyst and cavitation. *Separation and Purification Technology*, 2020, vol. 239, p. 116594. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2020.116594>
60. PATTON, Michael Quinn. *Qualitative research & evaluation methods: Integrating theory and practice*. Sage publications, 2014. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=ovAkBQAAQBAJ&lpg=PP1&ots=ZRY01pCCB2&dq=Qualitative%2C%20research%20%20evaluation%20methods&lr&hl=es&pg=PP1#v=onepage&q=Qualitative,%20research%20%20evaluation%20methods&f=true>
61. PETERS, K. E., et al. Geochemistry applied to evaluation of unconventional resources. En *Unconventional oil and gas resources handbook*. Gulf Professional Publishing, 2016. p. 71-126. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802238-2.00003-1>

62. RAJAPAKSHA, Anushka Upamali, et al. Sorptive removal of pharmaceutical and personal care products from water and wastewater. En *Pharmaceuticals and Personal Care Products: Waste Management and Treatment Technology*. Butterworth-Heinemann, 2019. p. 213-238. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816189-0.00009-3>
63. RAMCHARAN, Terelle; BISSESSUR, Ajay. Analysis of linear alkylbenzene sulfonate in laundry wastewater by HPLC–UV and UV–vis spectrophotometry. *Journal of Surfactants and Detergents*, 2016, vol. 19, no 1, p. 209-218. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11743-015-1763-x>
64. RAZZAZ, Zahir; MOHAMMAD, Abdul Wahab; MAHMOUDI, Ebrahim. Foaming Prevention in Absorption Columns through Removal of Contaminants from Amine-Based Solutions Using a Solvent Resistant Nanofiltration (SRNF) Membrane. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 2016, vol. 54, no 48, p. 12135-12142. Disponible en: <https://doi.org/10.1021/acs.iecr.5b02642>
65. SAMHABER, Wolfgang M.; NGUYEN, Minh Tan. Economical aspects in photocatalytic membrane reactors. En *Current Trends and Future Developments on (Bio-) Membranes*. Elsevier, 2018. p. 317-345. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813549-5.00011-6>
66. SAMAYAMANTHULA, Dhanu Radha; SABARATHINAM, Chidambaram; BHANDARY, Harish. Treatment and effective utilization of greywater. *Applied Water Science*, 2019, vol. 9, no 4, p. 1-12. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s13201-019-0966-0>
67. SATRIA, Arysca Wisnu; RAHMAWATI, Merza; PRASETYA, Agus. Pengolahan Nitrifikasi Limbah Amonia dan Denitrifikasi Limbah Fosfat dengan Biofilter Tercelup Processing Ammonia Nitrification and Phosphat Denitrification Wastewater with Submerged Biofilter. *Jurnal Teknologi Lingkungan Vol*, 2019, vol. 20, no 2, p. 243-250.
68. SCHMITT, Félix, et al. Development of artificial neural networks to predict membrane fouling in an anoxic-aerobic membrane bioreactor treating domestic wastewater. *Biochemical Engineering Journal*, 2018, vol. 133, p. 47-58. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.bej.2018.02.001>

69. SELAMBAKKANNU, Sarala, et al. Degradation of surfactants from domestic laundry effluent by electron beam irradiation. *Materials Today: Proceedings*, 2021, vol. 46, p. 1807-1812. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.10.061>
70. SENAPATI, Tarakeshwar, et al. Artificial neural network: An alternative approach for assessment of biochemical oxygen demand of the Damodar River, West Bengal, India. En *Intelligent Environmental Data Monitoring for Pollution Management*. Academic Press, 2021. p. 231-240. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819671-7.00010-5>
71. SHARMA, Ramesh C.; SINGH, Neetu; CHAUHAN, Anita. The influence of physico-chemical parameters on phytoplankton distribution in a head water stream of Garhwal Himalayas: a case study. *The Egyptian Journal of Aquatic Research*, 2016, vol. 42, no 1, p. 11-21. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S0166-1116\(08\)71621-2](https://doi.org/10.1016/S0166-1116(08)71621-2)
72. SHETH, K. N.; PATEL, Mittal; DESAI, Mrunali D. A study on characterization & treatment of laundry effluent. *IJRST-International Journal for Innovative Research in Science & Technology*, 2017, vol. 4, no 1, p. 50-55. Disponible en: ISSN (online): 2349-6010
73. Show more. Measurement of Air Pollutants. 2019, Pages 247-256. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.11354-5>
74. SOREANU, G. Biotechnologies for improving indoor air quality. En *Start-up creation*. Woodhead Publishing, 2016. p. 301-328. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100546-0.00012-1>
75. SPYCHAŁA, Marcin; NGUYEN, Thanh Hung. Preliminary study on greywater treatment using nonwoven textile filters. *Applied Sciences*, 2019, vol. 9, no 15, p. 3205. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/app9153205>
76. STAMMINGER, Rainer, et al. Towards a durability test for washing-machines. *Resources, Conservation and Recycling*, 2018, vol. 131, p. 206-215. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.11.014>

77. SUARIA, Giuseppe, et al. Microfibers in oceanic surface waters: A global characterization. *Science advances*, 2020, vol. 6, no 23, p. eaay8493. Disponible en: <https://doi.org/10.1126/sciadv.aay8493>
78. SYUKOR, AR Abdul, et al. Energy generation from fish-processing waste using microbial fuel cells. En *Delivering Low-Carbon Biofuels with Bioproduct Recovery*. Elsevier, 2021. p. 101-121. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821841-9.00009-8>
79. TEOW, Yeit Haan; AMIRUDIN, Siti Norashiqin; HO, Kah Chun. Sustainable approach to the synthesis of cellulose membrane from oil palm empty fruit bunch for dye wastewater treatment. *Journal of Water Process Engineering*, 2020, vol. 34, p. 101182. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2020.101182>
80. TIAN, Yujie, et al. An innovative evaluation method based on polymer mass detection to evaluate the contribution of microfibers from laundry process to municipal wastewater. *Journal of Hazardous Materials*, 2021, vol. 407, p. 124861. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.124861>
81. TORRECILLA, José S.; CANCELLA, John C. Phenolic compounds in olive oil mill wastewater. En *Olives and Olive Oil in Health and Disease Prevention*. Academic Press, 2021. p. 693-700. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819528-4.00051-1>
82. Xiangzeng Wang. Lacustrine Shale Gas Accumulation and Its Influencing Factor. 2017, Pages 243-287. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813300-2.00005-2>
83. XU, Ruiguang, et al. Analysis of a long-term measurement of air pollutants (2007–2011) in North China Plain (NCP); Impact of emission reduction during the Beijing Olympic Games. *Chemosphere*, 2016, vol. 159, p. 647-658. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.06.025>
84. Youcai, Z. (2018). Leachate Treatment Engineering Processes. *Pollution Control Technology for Leachate from Municipal Solid Waste*, 361–522. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-815813-5.00005-x>

85. Zhao Youcai, Wei Ran. Chapter 2 - Bioproduction of volatile fatty acids from vegetable waste. 2021, Pages 63-170. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821763-4.00002-8>
86. ZIEMBA, Christopher, et al. Chemical composition, nutrient-balancing and biological treatment of hand washing greywater. *Water research*, 2018, vol. 144, p. 752-762. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.07.005>
87. YU, Zita LT, et al. Performance and Economic Evaluation of a Semibatch Vertical-Flow Wetland for Onsite Residential Bathroom Graywater Treatment. *Journal-American Water Works Association*, 2016, vol. 108, no 7, p. E392-E404. Disponible en: <https://doi.org/10.5942/jawwa.2016.108.0079>
88. Zeegers, M., & Barron, D. (2015). Milestone 6. Milestone Moments in Getting Your PhD in Qualitative Research, 75–85. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-100231-5.00006-7>
89. ZHANG, Junjie, et al. Polyethylene terephthalate and polycarbonate microplastics in sewage sludge collected from the United States. *Environmental Science & Technology Letters*, 2019, vol. 6, no 11, p. 650-655. Disponible en: <https://doi.org/10.1021/acs.estlett.9b00601>
90. ZIPF, Mariah Siebert; PINHEIRO, Ivone Gohr; CONEGERO, Mariana Garcia. Simplified greywater treatment systems: Slow filters of sand and slate waste followed by granular activated carbon. *Journal of environmental management*, 2016, vol. 176, p. 119-127. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.03.035>

ANEXOS

ANEXO 1: Técnicas e instrumentos de recolección de datos

| Título: | | | | | |
|---|----------------------|-----|--------|------|-------------------|
| FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO | | | | | |
| Palabras clave: | | | | | |
| Bibliografía: | | | | | |
| Año de publicación | Lugar de publicación | Doi | Página | ISBN | Tipo de documento |
| | | | | | |
| Tipos de parámetros de medición | | | | | |
| Tipos de tecnologías de tratamientos integrados | | | | | |
| Debilidades y fortalezas | | | | | |
| Objetivos: | | | | | |
| Resultados: | | | | | |

Elaboración propia