



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Usos y Aplicaciones de Membranas en Tratamiento de Aguas
Residuales. Revisión Sistemática 2020**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL

AUTORES:

Figuroa Panduro, Saul Enrique (ORCID: 0000-0001-7167-3745)

Peña Chirinos, Jorge Bruno (ORCID: 0000-0001-8146-3709)

ASESORA:

Mg. Cabello Torres, Rita Jaqueline (ORCID: 0000-0002-9965-9678)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Tratamiento y gestión de residuos

LIMA - PERÚ

2020

Dedicatoria

Esta tesis está dedicada a Dios quien ha sido nuestro guía, fortaleza en estos tiempos difíciles que hemos pasado en esta pandemia, y a nuestros padres quienes siempre estuvieron para apoyarnos y no dejarnos rendir en este largo camino.

Agradecimiento

En primer lugar, agradecer a Dios por darnos buena salud y cuidarnos siempre. Agradecer a nuestros padres por su apoyo durante esta etapa. También agradecer a la Mg. Cabello Torres, Rita Jaqueline por el apoyo durante el periodo de la elaboración de tesis.

ÍNDICE

Dedicatoria	ii
Agradecimiento.....	iii
Resumen	x
Abstract	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	17
III. METODOLOGÍA	30
3.1. Tipos y diseño de investigación	30
3.2. Categorías, Subcategorías y matriz de categorización	30
3.3. Escenario de estudio.....	33
3.4. Participantes	33
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	33
3.6. Procedimientos.....	34
3.7. Rigor científico.....	34
3.8. Método de análisis de información.....	35
3.9. Aspectos éticos	35
IV. RESULTADO Y DISCUSIÓN.....	36
V. CONCLUSIONES	56
VI. RECOMEDACIONES	58
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Sustancias retenidos por tipo de membrana	7
Tabla 2: Principales aplicaciones para las membranas.....	8
Tabla 3: Presiones para cada membrana	9
Tabla 4: Limpieza de membranas	11
Tabla 5: Antecedentes de uso de membranas	14
Tabla 6: Matriz de categorización apriorística	31
Tabla 7: Resultados membrana de microfiltración	43
Tabla 8: Resultados membrana de ultrafiltración	47
Tabla 9: Resultado membrana de nanofiltración.....	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Comparación de tecnologías de membranas	8
Figura 2: Características de las membranas	9
Figura 3: Membrana de microfiltración y ultrafiltración	10
Figura 4: Membrana de nanofiltración.....	10

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Cantidad de tipos de materiales.....	37
Gráfico 2: Configuración de la membrana	37
Gráfico 3: Tipos de ensuciamiento.....	41
Gráfico 4: Cantidad de membranas	42
Gráfico 5: Aplicaciones en los artículos.....	43

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

Al ₂ (SO ₄) ₃ :	Sulfato de aluminio
BPA:	Bisfenol
BTEX:	Benceno, tolueno, etilbenceno y xileno
CE:	Conductividad eléctrica
Cr:	Cromo
CuCl ₂ :	Cloruro de cobre
CuO:	Óxido de cobre
DBO:	Demanda biológica de oxígeno
Do:	Oxígeno disuelto
DOC:	Carbono orgánico disuelto
DQO:	Demanda química de oxígeno
FAO:	Food and agricultura organization
Fe:	Hierro
FeCl ₃ :	Cloruro de hierro
Fe ₂ (SO ₄) ₃ :	Sulfato de hierro
HAP:	Hidrocarburos aromáticos policíclicos
K:	Potasio
Mg:	Magnesio
MgCl ₂ :	Cloruro de magnesio
Na:	Sodio
NaHCO ₃ :	Bicarbonato de sodio
NH ₃ :	Amoniaco
Nm:	Nanómetro
OMS:	Organización mundial de la salud
pH:	Potencial de hidrógeno
Pb:	Plomo
Si:	Silicio
SiO ₂ :	Óxido de silicio
SO ₄ :	Sulfato
Sr:	Estroncio
TDS:	Total de sólidos disueltos

TSS:	Total de Sólidos en Suspensión en un medio líquido
UV:	Ultravioleta
Zn:	Zinc
ZnCl ₂ :	Cloruro de zinc
µm:	Micrómetro

Resumen

La presente investigación tiene un enfoque cualitativo. Asimismo, tiene como objetivo identificar cuáles son los usos y aplicaciones de membranas para el tratamiento de aguas residuales, se utilizó como técnica de instrumento la recolección de información la cual es el análisis documental que incluye información descrita en el Anexo I, además se consideraron 68 artículos científicos de la base Scopus y otros documentos científicos recientes teniendo en cuenta los criterios de inclusión. Los resultados señalaron que los factores físicos, químicos y microbiológicos del fluido influyen en la funcionalidad de la membrana (microfiltración, ultrafiltración y nanofiltración) y en su eficiencia. Esta suele usarse al final del proceso de tratamiento de las aguas y tienen un alto rendimiento en la limpieza de las aguas. Existen una variedad de modelos que implican composición fisicoquímica y formas, siendo el más usado los polímeros. En general, la eficiencia de una membrana depende de la composición del fluido líquido a tratar, otros factores relacionados con su mantenimiento son la presión hidráulica y ensuciamiento lo que es motivo de investigaciones, la limpieza de las membranas resulta clave por el tema de costos y eficiencia del tratamiento. En conclusión, la tecnología de las membranas mejora la calidad del agua y su eficiencia influye en los costos de mantenimiento.

Palabras claves: Tratamiento de aguas residuales, membranas de filtración, nanofiltración, ultrafiltración, microfiltración

Abstract

The present research has a qualitative approach. Likewise, it aims to identify which are the uses and applications of membranes for wastewater treatment, the collection of information was used as an instrument technique, which is the documentary analysis that includes information described in Annex I, in addition, 68 Scientific articles from the Scopus database and other recent scientific documents taking into account the inclusion criteria.

The results indicated that the physical, chemical and microbiological factors of the fluid influence the functionality of the membrane (microfiltration, ultrafiltration and nanofiltration) and its efficiency. This is usually used at the end of the water treatment process and it has a efficiency in cleaning the water.

There are a variety of models that involve physicochemical composition and forms, the most widely used being polymers. In general, the efficiency of a membrane depends on the composition of the liquid fluid to be treated, other factors related to its maintenance are hydraulic pressure and fouling, which is the subject of research, the cleaning of the membranes is key due to the issue of costs and treatment efficiency. In conclusion, membrane technology improves water quality and its efficiency affects maintenance costs.

Key words: Waste water treatment, membranes of filtration, nanofiltration, microfiltration, ultrafiltration

I. INTRODUCCIÓN

El mal uso los recursos hídricos es un problema que en los últimos años en el mundo está aconteciendo y a eso se suma a los crecientes niveles de contaminación, nos ha conllevado en los últimos tiempos a la sobreexplotación y a un incremento de la demanda del agua, con sus consecuencias en la calidad. El crecimiento de las zonas urbanas y rurales, la expansión de las redes de abastecimiento, el incremento de la superficie de riego, el aumento en la producción agropecuaria, la expansión industrial, la mala gestión pública y los bajos costos del agua son factores que explican el deterioro del recurso hídrico. (Delgado, 2015)

A medida que la población va en aumento y a su vez, la economía también es mayor la demanda del agua y se acentúa la presión sobre los recursos hídricos, de por sí ya son limitados. Una de las necesidades primordiales dentro del desarrollo mundial lo constituye el recurso hídrico cuya cantidad y calidad cada día se ve amenazada por las deficientes e inoperantes políticas de manejo y aprovechamiento. (Martínez & Villalejo, 2018)

Cada día, 2 millones de toneladas de metros cúbicos de aguas residuales van directamente a las cuencas, ríos o mar (Ki-moon, 2014), donde el mayor porcentaje de consumo de agua es de 38%, consumido por China, India y Estados Unidos, y el sobrante, que es 62%, corresponde al resto de los países (Guerrero, 2020).

En el mundo entero se calcula que aproximadamente 2000 millones de personas se abastecen de agua contaminada, que contiene heces, lo cual provoca más de 502000 muertes al año causada por la diarrea a consecuencia del consumo de estas aguas contaminadas (OMS, 2019). Nuestro continente contiene aproximadamente el 30% de fuentes de aguas dulce del mundo, no obstante, ha estado en una lucha contra la crisis de agua (Prashad, 2020). Además, es Latinoamérica, donde tres

cuartas partes de las aguas que contienen residuos fecales vuelven a los ríos y a diferentes fuentes hídricas en los diferentes países (FAO, 2014).

Existe una variedad de tecnologías innovadoras implementadas alrededor del mundo, que trabajan de una forma muy eficaz, tales como las implantadas en Asia, con la planta con membrana dinámica de malla de acero inoxidable, filtración por la malla con un proceso secuencial de lodos activados (Pei, Luo, & Chen, 2019), que llevan desde tiempo atrás implantándose en otros países y aún no logran llegar a nuestro país.

La tecnología de membrana de filtración, como bien el nombre lo dice, es un método de filtración donde las partículas que se encuentran en el fluido, se separan mediante una barrera física, estas barreras se encuentran separadas por tamaño, el tamaño depende para el uso específico que se utilizará el agua que pase esta barrera física y ofrece grandes ventajas en las industrias, ya sea como la utilización de materiales que no sobrepasan un costo exagerado, como la buena calidad de filtración que estos tipos de membranas ofrecen. (Solis, Vélez, & Ramírez-Navas, 2017)

Estas membranas tienen propiedades particulares para una finalidad definida, esto depende del tipo de agua que se tratará y para su uso final, muchas de estas membranas son usadas para el tratamiento de aguas residuales, como también en industrias de todo tipo para la recuperación de estas aguas, así no contaminar el recurso hídrico, vertiéndole a los ríos o mares. (Palacios, Hernández, Zurita, & Sulbarán, 2017)

Dentro de estas membranas de filtración se encuentran varias categorías que se describen en tablas para su mejor comprensión, dichas categorías se dividen en tipos de materiales que se componen las membranas, como también la configuración de membranas, las condiciones operativas con las cuales estas membranas trabajan, el ensuciamiento que las membranas tienen al momento del proceso de filtración y por último las

partículas eliminadas de estas membranas. (Rubio, Chica, & Peñuela, 2013)

La revisión de todos los avances en investigación con respecto a membranas, todas ellas desarrollan de nuevas técnicas porque se busca mejorar la eficiencia de las membranas, se generan nuevos conceptos, porque se utiliza nuevos equipamientos, nuevos procesos, y una idea diferente de como recuperar el recurso hídrico. (Tuset, 2015)

En la práctica, esta novedosa tecnología de membranas de filtración es relativamente exitosa porque todas ellas cumplen roles específicos que se adecuan al tipo de agua que se va a tratar, cada tipo de membrana tiene los poros más pequeños que las otras (microfiltración, ultrafiltración y nanofiltración), su fácil método de utilización hace menos complicado el trabajo humano. (Orozco, Nava, Guarneros, & Caballero, 2019)

Los procesos que utiliza la filtración de membrana hace que los que lo manejan no tengan que utilizar mucha la ayuda humana, en ciertos casos solo para hacer los métodos de limpieza, ya que se obstruye con materiales, es un método simple y no tan amplio que ayuda al entorno social, su no complejidad ayuda grandemente a las personas a su fácil uso. (Tuset, Condorchem Envitech, 2019)

Las tecnologías de membranas ofrecen una cantidad de ventajas significativas a muchos rubros industriales, principalmente para el tratamiento de aguas residuales, como también ya sea por ejemplo la industria de pinturas, la medicina, la industria de alimentos, y esto se ve reflejado en los precios que son muchos más económicos, comparándose con plantas que cumplen las mismas funciones que las membranas, esto hace más accesible al público en general en obtener este tipo de tecnología para el tratamiento del recurso hídrico. (Solis, Vélez, & Ramírez, 2017)

Hoy en día, el Perú cuenta con 106 cuencas hidrográficas que se encuentran distribuidas por todo el litoral peruano, en las cuales 2046287 millones de metros cúbicos de agua al año pasan por las cuencas. Gracias a estas cuencas y la gran cantidad de agua que pasan por ellas, tenemos una gran biodiversidad, pero a su vez, también estamos expuestos a muchas adversidades que los gobernantes regionales hacen poco o nada para revertir este problema que genera un impacto negativo al medio ambiente en general. (Fabian, 2019)

La mala gestión de los recursos hídricos en el Perú, se deben a muchos factores, como bien es la falta de conciencia que tienen muchos empresarios y/o personas sobre el gran problema que puede causar las aguas contaminadas ahora y en un futuro, como también es la corrupción, las denuncias hacia las autoridades llegan con frecuencia, pero poco o nada hacen para mitigar este gran problema ambiental. (Vasquez, 2019)

El Perú es uno de los países con menores índices de innovación, eso se debe a que se invierte mucho más en lo económico y cultura, pero la innovación, la creación, la investigación están un paso atrás de todo lo nombrado, para ser un país desarrollado tecnológicamente, se debe tener el conocimiento de tecnologías nuevas para que sean implantadas en el país, con el fin de estudiar su comportamiento y sacar conclusiones sobre las tecnologías, si es que son mejores de las que tenemos o quizás sea el caso contrario. (Yrala, 2018)

Se necesita con suma importancia que cada empresa que genere un impacto negativo al medio ambiente, cuente con este tipo de tecnología de membrana de filtración, para dejar de seguir dañando al medio ambiente en general, muchos de ellos evaden su culpa mandando a destinar estas aguas a los ríos o directamente al mar. (Grandez, 2018)

Sobre la base de realidad problemática presentada se planteó el problema general y los problemas específicos de la investigación. El problema

general de la investigación fue **¿Cuáles son los usos y aplicaciones de membranas para el tratamiento de aguas residuales?** Los problemas específicos de la investigación fueron los siguientes:

- **PE1:** ¿Qué materiales componen a las membranas para el tratamiento de aguas residuales?
- **PE2:** ¿Cuáles son los tipos de configuraciones de las membranas para el tratamiento de aguas residuales?
- **PE3:** ¿Cuáles son las condiciones operativas de aplicación de las membranas para el tratamiento de aguas residuales?
- **PE4:** ¿Cuál es el método para disminuir el ensuciamiento de las membranas para el tratamiento de aguas residuales?
- **PE5:** ¿Qué eliminan las membranas en el tratamiento de aguas residuales?

El objetivo general fue **identificar los usos y aplicaciones de membranas para el tratamiento de aguas residuales**. Los objetivos específicos fueron los siguientes:

- **OE1:** Analizar los tipos de materiales que componen las membranas para el tratamiento de aguas residuales.
- **OE2:** Analizar los tipos de configuración de las membranas para el tratamiento de aguas residuales.
- **OE3:** Analizar las condiciones operativas de aplicación de las membranas para el tratamiento de aguas residuales.
- **OE4:** Analizar los métodos para disminuir el ensuciamiento de las membranas para el tratamiento de aguas residuales.
- **OE5:** Analizar los tipos de materiales eliminados por las membranas en el tratamiento de aguas residuales.

II. MARCO TEÓRICO

En el Perú, según la Ley N° 29338 “Ley de los Recursos Hídricos”, aclara muchos puntos que se debe tener en el día a día de todas las personas que no tienen noción sobre lo importante que es el recurso hídrico, puntos importantes como señala el Artículo 103º que es sobre la protección del agua, y dice que su finalidad es la prevenir el daño que causamos al recurso hídrico, a su vez también, establecer medidas para prevenir o reducir el daño que causamos y no seguir contaminando el agua.

El uso de tecnología innovadora en el Perú es una necesidad obligatoria, debido que no contamos con la tecnología que ayude a reducir los contaminantes en las aguas residuales que se producen de manera doméstica y/o industrial, no tienen control alguno y estas aguas son derivadas a los mares o los ríos, combinándose con estas y contaminándolas.

El uso de membranas de diferentes medidas, comprobadas en otros países, ayudan enormemente a la filtración de los contaminantes, esto varía de acuerdo al tipo de agua que se está generando, debido a que no todas las aguas contienen los mismos contaminantes, eso se ve desde su lugar de generación, como podría ser doméstica o industrial. Por tal motivo, la demanda de membranas aumentaría de una forma rápida, por la información recopilada en la presente investigación.

Las funciones de las membranas, y los contaminantes que filtran son los siguientes:

Tabla 1: *Sustancias retenidos por tipo de membrana.*

Tipo de membrana	Sustancias removidas
Microfiltración	Bacterias y coloides grandes, separación de precipitados y coagulados.
Ultrafiltración	Todos los anteriores y virus, proteínas de alto peso molecular.
Nanofiltración	Todos los anteriores e iones divalentes, trivalentes, color y olor.

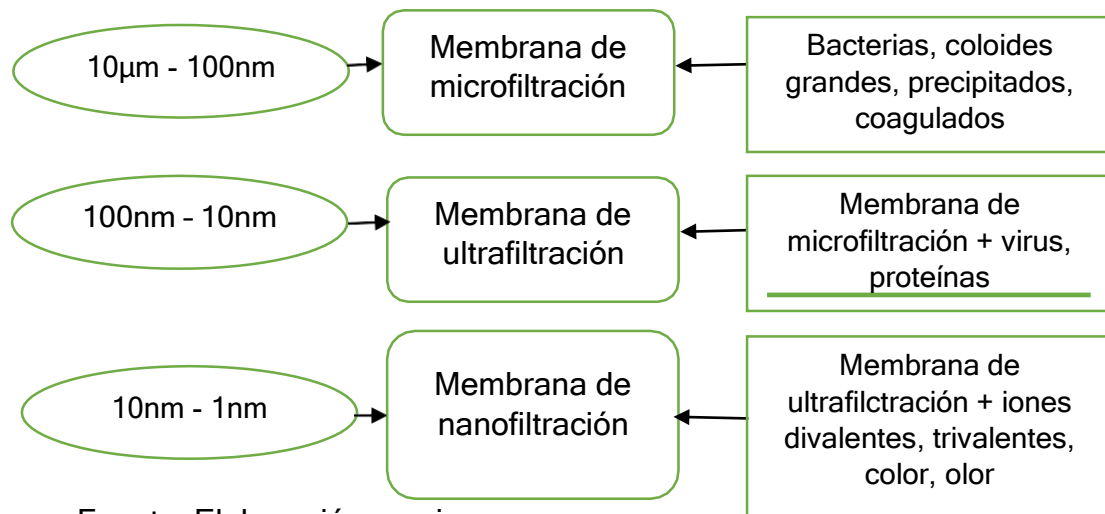
Fuente: (Beé, 2019).

Como bien dice en la Tabla 1, la membrana de microfiltración es la que remueve las bacterias y coloides grandes, al igual que separa precipitados y coagulados, estas membranas retienen partículas entre 10 μm y 100 nm, algunos de sus ejemplos más importantes en aplicaciones son como de tratamiento de efluentes, separación de emulsiones de agua y aceite, pre-tratamiento del agua para nanofiltración (Colina, 2015).

En el proceso de la membrana de ultrafiltración, es la que remueve todo lo que se remueve en la membrana de microfiltración, más un adicional de los virus y las proteínas de alto peso molecular. El tamaño de partículas que esta membrana retiene es de 100nm y 10nm y algunos de sus ejemplos más importantes de su aplicación son como en la industria de productos lácteos, industria alimentaria, industria textil (Colina, 2015).

En el proceso de la membrana de nanofiltración, es la que remueve todo lo que remueve la membrana de ultrafiltración, más un adicional de iones divalentes, trivalente, color y olor, retiene partículas de 10nm a 1nm, este proceso es básicamente aplicado para la purificación del agua potable, y sus principales aplicaciones son en el ablandamiento del agua, decoloración, eliminación de sustancias orgánicas, eliminación de micro contaminantes (Colina, 2015).

Figura 1: Comparación de tecnologías de membranas.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2: Principales aplicaciones para las membranas.

Tipo de membrana	Principales aplicaciones
Microfiltración	Tratamiento de agua. Esterilización en frío de bebidas Tratamiento de la salmuera de carne para remoción de bacterias. Desgrasado de leche. Separación de emulsiones.
Ultrafiltración	Concentración de proteínas vegetales. Recuperación de almidón. Concentración de proteínas de suero de leche.
Nanofiltración	Desmineralización parcial del suero. Eliminación de la lactosa de leche. Eliminación del color. Eliminación del olor.

Fuente: (Colina, 2015)

La presión que se necesita para las membranas varía, si es para microfiltración, ultrafiltración o nanofiltración, por ejemplo, en la membrana de nanofiltración se utiliza mucha más presión que en las membranas de microfiltración y ultrafiltración (Lenntech, 2015), en la siguiente tabla se da los valores de presión que necesita cada membrana:

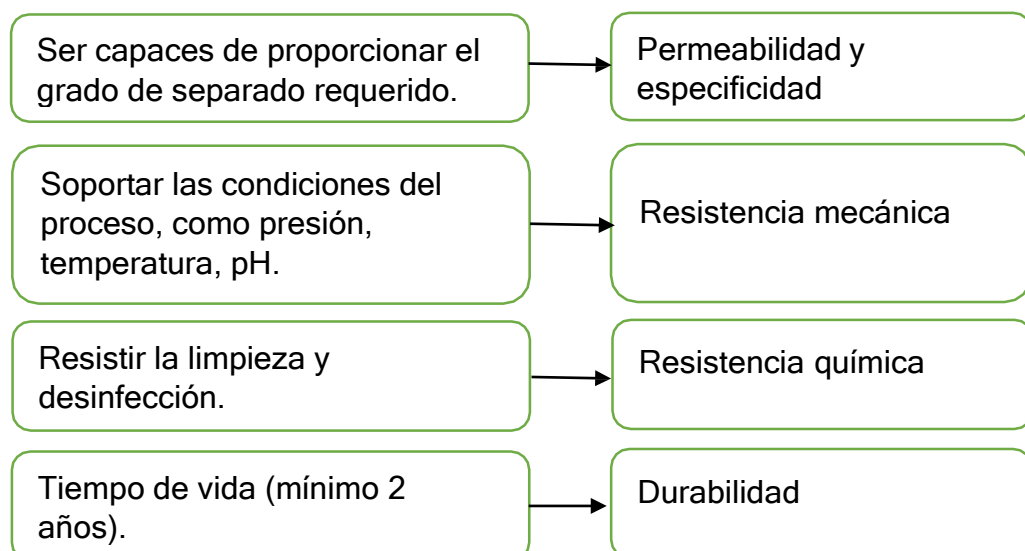
Tabla 3: *Presiones para cada membrana.*

Tipo de membrana	Presión requerida
Microfiltración	0.1 - 5 Bar
Ultrafiltración	1 - 10 Bar
Nanofiltración	5 - 20 Bar

Fuente: Elaboración propia.

Por lo general, todas las membranas deben cumplir ciertos requisitos para que cumplan con la función de cara una, no simplemente de remoción de partículas, sino que también de resistencia, de durabilidad, de temperatura, etcétera. (Colina, 2015), como se explica en la siguiente figura:

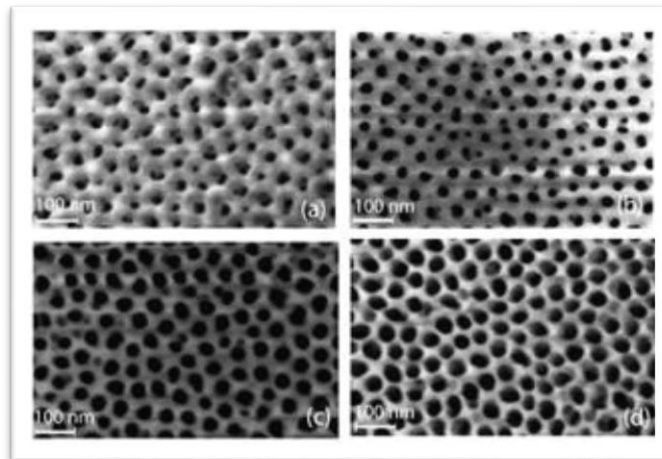
Figura 2: *Características de las membranas.*



Fuente: (Colina, 2015)

Tanto las membranas de microfiltración y de ultrafiltración son de tipo poroso, y estas están elaboradas a partir de polímeros predominantemente hidrofílicos, tales como polisulfona, poliamidas y/o poliuretanos (Meneses & Bercoff, 2015).

Figura 3: *Membrana de microfiltración y ultrafiltración.*



Fuente: (Meneses & Bercoff, 2015)

Para la membrana de nanofiltración, estas membranas no tienen poros, sino una estructura más cerrada que se le nombró asimétrica y estas están elaboradas de materiales especiales, principalmente acetato de celulosa y poliamida (Solis, Vélez, & Ramirez-Navas, 2017)

Figura 4: *Membrana de nanofiltración.*



Fuente: (Solis, Vélez, & Ramirez-Navas, 2017)

Durante el proceso donde el agua pasa por las membranas de filtración, ocurre la obstrucción de membrana, como las partículas, barro, basura, piedras, bloodstrucción y scaling, que son los 3 tipos principales de suciedad en las membranas, estos contaminantes hacen que se haga un mayor esfuerzo en el trabajo. Para ello, existen varias técnicas de limpieza para limpiar la suciedad de las membranas, como son el de lavado por chorro delantero, lavado por chorro trasero, lavado por chorro de aire y limpieza química (Lenntech, 2015).

Tabla 4: *Limpieza de membranas.*

Tipo de limpieza	
Back-washing	Consiste de bombeo del permeado en la dirección inversa a través de la membrana.
Relajación de la membrana	Consiste en detener la filtración durante un período y, por lo tanto, no hay necesidad de invertir el flujo de permeado.
Pulso inverso	Consiste en de alta frecuencia que resulta en la eliminación eficiente de la capa de suciedad.
Lavado por chorro delantero	Aplicar un flujo de agua por la parte de delante de la membrana para eliminar la capa de contaminantes formada en la membrana por medio de la creación de turbulencias.
Lavado por chorro trasero	Aplicar un flujo de agua por la parte trasera de la membrana para dejar libre de contaminantes a la cámara de permeado.

Lavado por chorro de aire	Lavar el interior de las membranas con una mezcla de aire y agua produciendo una turbulencia y eliminar la suciedad de la superficie de la membrana.
Limpieza química	Se utilizan productos químicos como el cloruro de hidrógeno (HCl) y el ácido nítrico (HNO ₃), o agentes desinfectantes, como el peróxido de hidrógeno (H ₂ O ₂) son añadidos durante el flujo trasero.

Fuente: (Lenntech, 2015)

Para (Saniei, y otros, 2020) en su estudio de preparación y caracterización de una nueva membrana de polietersulfona de nanofiltración antiincrustante mediante la incorporación de nanopartículas de ácido goetita-tánico, concluyó que el uso de la membrana de nanofiltración mostró un rendimiento sobresaliente en las propiedades antiincrustantes en comparación con las demás membranas, las propiedades antiincrustantes de las membranas modificadas fueron aprobadas por un menor ángulo de contacto con el agua y una superficie más lisa, lo que implicó la función efectiva de las nanopartículas.

Al igual que en la investigación de (Yin, Zhang, Ma, Venkateswaran, & Hsiao, 2020), se utilizó una membrana de nanofiltración para para la eliminación de nanopartículas, tintes y metales pesados iones de aguas residuales multicomponente mediante filtración y adsorción, simultáneamente. Concluyendo que el uso de la membrana de nanofiltración fue la mejor elección en su investigación.

En el trabajo de (Mouratib, Achiou, El Krati, Alami, & Tahiri, 2020) titulado membrana de cerámica de bajo costo hecha de lodos de tratamiento de agua rica en alúmina y sílice y su aplicación en la filtración de aguas

residuales, utilizó una membrana de microfiltración de material de cerámica, fue eficaz para la filtración del polvo y el efluente de una empresa textil, fue capaz de eliminar completamente la turbidez de los alimentos, reducir significativamente la demanda química de oxígeno y decolorar completamente las aguas residuales textiles.

Tabla 5: Antecedentes de uso de membranas

Nº	TIPO DE MEMBRANA	APLICACIÓN	CONDICIONES OPERATIVAS	COMPOSICIÓN	TIEMPO DE VIDA O DE MANTENIMIENTO	TIPO DE AGUA	AUTOR(ES)
1	Membrana de Ultrafiltración	Eliminación de: - Compuestos orgánicos. - Compuestos Húmicos. - biopolímeros.	-	Cerámica	Larga vida útil.	Eficaz para el Tratamiento de Aguas Residuales pretratamiento con ferrato y ozonización in situ.	(Liu et al., 2019)
2	Membrana de Nanofiltración	Eliminación de: - Detergentes. - Sólidos totales suspendidos. - DQO. - DBO.	-	Polímero	Larga vida útil.	Eficaz para el Tratamiento de Aguas Residuales Municipales e Industriales.	(Saniei et al., 2020).
3	Membrana de Microfiltración.	Eliminación de: - Turbidez - DQO - Decoloración del agua.	- Temperatura - Tamaño de poro. - Resistencia mecánica. - Permeabilidad.	Cerámica	Larga vida útil.	Eficaz para el Tratamiento de Aguas Residuales Textiles Industriales	(Mouratib et al., 2020)
4	Membrana Ultrafiltración	Eliminación de: - Farmacéuticos. - Clorofenol. - Tintes. - Materia orgánica natural.	-Tiempo. -Residencia UV de 120 min	TiO ₂ Aeroxide® P ₂₅	Larga vida útil.	Eficaz para el Tratamiento de Aguas Residuales Municipales, tratamiento primario y secundario.	(Mozia et al., 2014)

5	Membrana de Ultrafiltración	Eliminación de: - Materia orgánica. - DQO. - TDS.	- Anaeróbica - Reactor híbrido	Polisulfona	Mantenimiento: 03 hora.	Eficaz para Tratamiento de Aguas Residuales Sintético.	(Nakhate et al., 2021)
6	Membrana de Ultrafiltración	Eliminación de: - Biopolímeros. - Sustancias húmicas. - Materia orgánica.	- Tiempo de coagulación. - Filtración de la esponja.	Esponja porosa: poliéster- poliuretano	Duración: 90 días	Eficaz para Tratamiento de Agua potable.	(Deng et al., 2019)
7	Membrana de Nanofiltración	Eliminación de: - Detergentes. - TSS. - Do. - DQO. - DBO.	- Temperatura - Tamaño de poro. - Resistencia mecánica. - Permeabilidad.	Polímero	Alcanza un valor constante después de 90 min	Eficaz para Tratamiento de Aguas Residuales en modalidad simple e híbrida.	(Ejraei et al., 2019)
8	Membrana Nanofiltración	Eliminación de: -Decoloración de las aguas. -Tintes bencidina. -Naftaleno. -Compuestos aromáticos.	- Porosidad. - Densidad de la membrana	Polipiperazina- amida	Larga vida útil.	Eficaz para Tratamiento de Aguas Residuales Textiles Industriales.	(Liyana et al., 2019)
9	Membrana de Ultrafiltración	Eliminación de: -Metales pesados. -Fenoles. -BTEX. -HAP. -Carbono orgánico total.	- Temperatura ambiente. - pH neutro.	Cerámica	Durante varios meses	Eficaz para Tratamiento de Aguas Residuales por petróleo y gas.	(Sambusiti et al., 2020)

10	Membrana Nanofiltración	Eliminación de: - Color. - Demanda Química de Oxígeno.	- Área de superficie. - Tamaño de poro. - Peso molecular	Fibra hueca	Durante varios meses	Eficaz para Tratamiento de Aguas Residuales Textiles.	(Sathya et al., 2019)
11	Membrana de Ultrafiltración	Eliminación de: - HA. - Fluoróforo. - Carboxílicos. - Estructuras aromáticas.	- Porosidad. - Densidad de la membrana	Membranas de fibra hueca	Larga vida útil.	Eficaz para Tratamiento de Agua potable.	(Sun et al., 2018)
12	Membrana de Ultrafiltración	Eliminación de: - UV ₂₅₄ - DOC. - Humedad microbiana o marina. - Sustancias similares	- Bajas temperatura	Membrana de polietersulfona (PES)	29 min para la filtración y 1 min para el retrolavado.	Eficaz para Tratamiento de Aguas Residuales Superficiales.	(Zhao & Tang, 2021)
13	Membrana de Microfiltración	Eliminación de: - Fenol.	- Tamaño de los poros.	Nanotubos de carbono (CNT)		Eficaz para Tratamiento de Aguas Residuales	(X. Wang et al., 2017)
14	Membrana de Ultrafiltración	Eliminación de: - DOC. - Hidrofóbico. - Biopolímero. - Polisacáridos. - Proteínas. - Sustancias húmicas	- Espesor. - Rugosidad relativa y absoluta. - Porosidad.	Membrana de UF de hoja plana	Menos mantenimiento	Eficaz para Tratamiento de Aguas Residuales Secundario.	(Y. Wang et al., 2017)

15	Membrana de Microfiltración	Eliminación de: - Glucosa. - Almidón soluble. - Peptona - NaHCO ₃	- Textura Lisa. - Poro limpio	Membranas hidrófilas	Larga duración	Eficaz para Tratamiento de Aguas Residuales Industriales y Domésticas.	(Yang et al., 2011)
16	Membrana de Ultrafiltración	Eliminación de: - DQO - NH ₃		El polímero extracelular - polipropileno	Larga duración	Eficaz para Tratamiento de Aguas Superficiales Contaminadas	(Zhong et al., 2019)
17	Membrana de Microfiltración	Eliminación de: - DQO. - Fenol. - Concentración de BPA	- Dosis. - Tiempo de operación.	Fluoruro de polivinilideno	Larga duración	Eficaz para Tratamiento de Aguas Residuales Aguas grises sintéticas	(Zhu et al., 2020)
18	Membrana de ultra, micro y nanofiltración	Eliminación de: - pH - CE - TSS - DQO - Fenoles totales	- Corriente de alimentación. - Temperatura.	Celulosa regenerada	Menos mantenimiento	Eficaz para Tratamiento de Aguas Residuales Industrias Alimentaria, Cosmética, Farmacéutica y Biotecnológica.	(Ochando-Pulido & Martínez-Ferez, 2018)
19	Membrana de Ultrafiltración	Eliminación de: - Sulfato de sodio. - Cloruro de sodio. - Tintes.	- Ácidas - Alcalinas	α-alúmina mejoradas	Larga duración	Eficaz para Tratamiento De Aguas Residuales De Colorante	(Zou et al., 2019)

20	Membrana de Nanofiltración	Eliminación de: - Azul de metileno. - Iones Pb.	- Cantidad de concentración.	Poliméricos funcionales	Alto rendimiento	Eficaz para Tratamiento De Aguas Residuales Multicomponente de Textiles y Municipales.	(Yin et al., 2020)
21	Membrana de Microfiltración	Eliminación de: - Ácidos. - Alcalis fuerte	- Flujo constante. - Válvula solenoide. - Manómetro. - Sistema de controlador.	Politetrafluoroetileno	Alto rendimiento	Eficaz para Tratamiento De Aguas Residuales de campos Petrolíferos	(Zhang et al., 2020)
22	Membrana de Microfiltración	Eliminación de: - Color - Salinidad	- Espesor. - Rugosidad relativa y absoluta. - Porosidad.	Polietilenimina	Larga duración	Eficaz para Tratamiento De Aguas Residuales Textiles	(Ye et al., 2020)
23	Membrana de Ultrafiltración	Eliminación de: - Turbidez. - pH - DQO - DOC - UV ₂₅₄ - Color (CU)	- Resistencia. - Porosidad. - Resistencia de la capa - Resistencia a la polarización	Polietersulfona	Larga duración	Eficaz para Tratamiento De Aguas Residuales en una fábrica de papel.	(Wu et al., 2019)
24	Membrana de Ultrafiltración	Eliminación de: - PES - N-metil-2-pirrolidona (NMP) - Dimetilsulfóxido - Dimetilformamida	- Presión. - Concentración - Temperatura	Polietersulfona Modificada	Mayor mantenimiento	Eficaz para Tratamiento De Aguas Surfactante Aniónico.	(Shishegaran et al., 2020)

		-					
25	Membrana de Ultrafiltración	Eliminación de: -Inorgánico -SiO ₂ -CuO -NP	- Porosidad. - Densidad de la membrana	Polivinilideno incorporado fluoruro	Larga duración	Eficaz para Tratamiento De Aguas Residuales contaminantes orgánicos	(Isawi, 2019)
26	Membrana de Ultrafiltración	Separación de: - Emulsiones de agua aceitosa	- Agua pura - Hidrofilicidad - Antiincrustante - Flujo	Polietersulfona	Alto rendimiento	Eficaz para Tratamiento De Aguas Residuales Oleosas	(Gholami et al., 2020)
27	Membrana de Ultrafiltración	Eliminación de: - pH - DQO - DOC	- Área de superficie. - Tamaño de poro. - Peso molecular	Cerámica fina	Larga duración	Eficaz para Tratamiento De Aguas Residuales Municipales	(Garcia-lvars et al., 2017)
28	Membrana de Ultrafiltración	Eliminación de: - Turbidez. - pH - Temperatura	- Resistencia. - Porosidad. - Resistencia de la capa - Resistencia a la polarización	Fluoruro de Polivinilideno	Menos mantenimiento	Eficaz para Tratamiento para la Desalinización de Aguas Residuales.	(Chang et al., 2019)
29	Membrana de Ultrafiltración	Eliminación de: - pH - DQO - DBO	- Corriente de alimentación. - Temperatura.	Poliméricos funcionales	Decreciente con el tiempo	Eficaz para Tratamiento De Aguas Residuales Secundaria	(Naddeo et al., 2020)
30	Membrana de Ultrafiltración	Eliminación de: - Materia orgánica. - pH	- Ultravioleta. - Ultravioleta - Peróxido de hidrógeno	Polietersulfona	Larga duración	Eficaz para Tratamiento De Aguas Residuales terciario	(Qu et al., 2021)

		<ul style="list-style-type: none"> - Turbidez - UV₂₅₄ - Ratios 					
31	Membrana de Ultrafiltración	Eliminación de: <ul style="list-style-type: none"> - DQO - Turbidez 	<ul style="list-style-type: none"> - Permeabilidad. - Adsorción - Estática del Suero - Rendimiento 	Polietersulfona	Mayor mantenimiento	Eficaz para Tratamiento De Aguas Residuales para aceites.	(Arefi-Oskoui et al., 2020)
32	Membrana de Ultrafiltración	Eliminación de: <ul style="list-style-type: none"> - pH - Temperatura - Turbiedad - Disuelto carbón orgánico 	<ul style="list-style-type: none"> - Calor - temperatura 	Polietersulfona (PES)	Larga duración	Eficaz para Tratamiento de Aguas Superficiales	(Krahnstöver et al., 2019)
33	Membrana de Microfiltración	Eliminación de: <ul style="list-style-type: none"> - pH - DQO - DBO - Aceites 	<ul style="list-style-type: none"> - Tamaño de poro - Temperatura - Presión - Permeabilidad 	Cerámica Polímero	Alto rendimiento	Eficaz para Tratamiento De Aguas Residuales para aceites.	(Abadikhah et al.,2019)
34	Membrana de Microfiltración	Eliminación de: <ul style="list-style-type: none"> - pH - DBO - Sólidos totales 	<ul style="list-style-type: none"> - Tamaño de poro - Presión 	Polímero	Alto rendimiento	Eficaz para Tratamiento De Aguas Residuales para tratamiento de almidón de maíz.	(Cancino-Madariaga et al.,2011)
35	Membrana de Microfiltración	Eliminación de: <ul style="list-style-type: none"> - pH - DQO - Sólidos suspendidos totales 	<ul style="list-style-type: none"> - Tamaño de poro - Porosidad - Temperatura - Velocidad de flujo 	Cenizas volantes	Larga duración	Eficaz para Tratamiento De Aguas Residuales contaminantes orgánicos	(Goswami et al.,2020)

36	Membrana de Microfiltración	Eliminación de: - Aguas aceitosas.	- Tamaño de poro - Temperatura - Velocidad de flujo - Presión	Cerámica	Alto rendimiento y larga duración	Eficaz para Tratamiento De Aguas Residuales Aceitosas.	(Jafar et al.,2020)
37	Membrana de Microfiltración	Eliminación de: - Turbidez - DQO	- Tamaño de poro - Porosidad - Permeabilidad - Resistencia mecánica	Cerámica	Alto rendimiento	Eficaz para Tratamiento de Aguas Residuales Industriales Textiles.	(Manni et al., 2020)
38	Membrana de Microfiltración	Eliminación de: - DQO - SO ₄ - Cr - Pb - Fe - Zn - Si - Fósforo total	- Tamaño de poro - Temperatura - Velocidad de flujo - Presión	Cerámica	Alto rendimiento y larga duración	Eficaz para Tratamiento de Aguas Residuales Industriales	(Ozbey-Unal et al.,2020)
39	Membrana de Microfiltración	Eliminación de: - DQO - BPA	- Tiempo de resistencia - Concentración de BPA - Conductividad eléctrica	Polímero	Alto rendimiento y larga duración	Eficaz para Tratamiento de Aguas Residuales con bisfenol	(Zonglin et al.,2019)

40	Membrana de Microfiltración	Eliminación de: - pH - $Al_2(SO_4)_3$ - $Fe_2(SO_4)_3$ - Poliacrilamida - Cloruro de Aluminio	- Temperatura - Porosidad - Tamaño de poros	Cerámica	Alto rendimiento y larga duración	Eficaz para Tratamiento de Aguas Residuales Oleosas.	(Sheikhi et al., 2019)
41	Membrana de Microfiltración	Eliminación de: - Residuos orgánicos - Nutrientes - Sólidos de suspensión - Salinidad	- Temperatura - Porosidad - Tamaño de poros	Membrana de intercambio catiónico	Larga duración	Eficaz para Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas.	(Zuo et al., 2018)
42	Membrana de Ultrafiltración	Eliminación de: - Turbidez - DQO	- Tamaño de poro - Temperatura - Velocidad de flujo - Presión	Polímero - polietersulfona	Alto rendimiento	Eficaz para Tratamiento De Aguas Residuales Aceitosas	(Oskoui et al., 2020)
43	Membrana de Ultrafiltración	Eliminación de: - Niquel - pH	- Tamaño de poro - Porosidad - Permeabilidad - Resistencia mecánica	Polímero - poliacrilato de sodio	Alto rendimiento	Eficaz para Tratamiento De Aguas Residuales para metales pesados	(Gao et al., 2018)

44	Membrana de Ultrafiltración	Eliminación de: - DQO - Sólidos disueltos totales - Turbidez - Conductividad	- Presión transmembrana - Velocidad de agitación	Polímero - polietersulfona / polivinilpirrolidona	Alto rendimiento	Eficaz para Tratamiento De Aguas Residuales Industriales	(Sumisha et al., 2015)
45	Membrana de Ultrafiltración	Eliminación de: - Plomo	- Tamaño de poro - Temperatura - Velocidad de flujo - Presión	Polímero	Alto rendimiento	Eficaz para Tratamiento De Aguas Residuales con contenido de Plomo	(Tang et al., 2020)
46	Membrana de Ultrafiltración	Eliminación de: - pH - DQO - DOC - UV ₂₅₄ - Color	- Tamaño de poro - Porosidad - Permeabilidad - Resistencia mecánica	Polímero	Alto rendimiento	Eficaz para Tratamiento Terciario de Aguas Residuales	(Wu et al., 2019)
47	Membrana de Ultrafiltración	Eliminación de: - Colorantes - Sales	- Tamaño de poro - Porosidad - Permeabilidad - Resistencia mecánica	α -alúmina	Alta resistencia térmica y química	Eficaz para Tratamiento Terciario de Aguas Residuales	(Zou et al., 2019)

48	Membrana de Nanofiltración	Eliminación de: - Cloruro - Sodio - Magnesio - Calcio - Potasio	- Peso molecular - Temperatura - Tamaño de poro	Polímero - polietilenimina		Eficaz para Tratamiento de Aguas	(Ang et al.,2020)
49	Membrana de Nanofiltración	Eliminación de: - Amoxicilina - pH	- Área de superficie. - Tamaño de poro. - Peso molecular - Presión	Polímero - poliamida y polisulfona	Alto rendimiento	Eficaz para Tratamiento De Aguas Residuales farmacéuticas	(Oulebsir et al., 2020)
50	Membrana de Nanofiltración	Eliminación de: - DBO - DQO - Sólidos Suspendidos totales - Nitrógeno total - Fósforo total	- Espesor. - Rugosidad - Relativa absoluta - Porosidad.	Cerámica	Alto rendimiento	Eficaz para Tratamiento De Aguas Residuales Textiles	(Cinperi et al., 2019)
51	Membrana de Nanofiltración	Eliminación de: - Cafeína - Teobromina - Teofilina - Amoxicilina	- Temperatura - Presión máxima - Caída de presión - Ph	Polímero - polipropileno	Alto rendimiento	Eficaz para Tratamiento De Aguas Residuales de Contaminantes Emergentes	(Egea-Corbacho et al., 2019)

		- Penicilina	- Sedimentos de alimentación				
52	Membrana de Nanofiltración	Eliminación de: - FeCl ₃ - CuCl ₂ - ZnCl ₂ - MgCl ₂	- Temperatura - Flujo	Polímero - Polietilenimina	Alto rendimiento y mantenimiento	Eficaz para Tratamiento De Aguas Residuales ácidas	(Gu et al., 2020)
53	Membrana de Nanofiltración	Eliminación de: - Sólidos disueltos totales - Na - Sr ²⁺ - Mg ²⁺ - K - Fe ²⁺	- Permeado - Presión - Tamaño de la partícula		Alto rendimiento	Eficaz para Tratamiento De Aguas Residuales Industriales	(Tang et al., 2020)
54	Membrana de Nanofiltración	Eliminación de: - DQO - Color - DQO - Turbidez - TDS - TSS - Conductividad - Salinidad (%)	- Espesor de la membrana - Presión - Permeabilidad	Polímero	Alto rendimiento	Eficaz para Tratamiento De Aguas Residuales Textiles.	(Tavanga et al., 2019)

55	Membrana de Nanofiltración	Eliminación de: - pH - DQO - Tintes	- Permeabilidad - Porosidad - Resistencia	Polímero	Alto rendimiento	Eficaz para Tratamiento De Aguas Residuales de Tinte.	(Vatanpour et al., 2019)
56	Membrana de Nanofiltración	Eliminación de: - pH - DQO - Tintes	- Temperatura - Presión máxima - Caída de presión - Ph - Sedimentos de alimentación	Polímero	Alto rendimiento	Eficaz para Tratamiento De Aguas Residuales de Tinte.	(Vatanpour et al., 2020)
57	Membrana de Nanofiltración	Eliminación de: - Arsénico - Selenio	- Permeado - Presión - Tamaño de la partícula	Poliamida	Alto rendimiento	Eficaz para Tratamiento De Aguas Residuales de arsénico y selenio	(Zeeshan et al., 2020)
58	Membrana de Nanofiltración	Eliminación de: - Turbidez - Materia orgánica - Sulfatos - Calcio - Magnesio - Sólidos disueltos totales	- Tamaño de poro - Permeado - Presión - Tamaño de la partícula -	Membranas NF ajustadas (como NF90)	Alto rendimiento	Eficaz para Tratamiento De Aguas Residuales	(Liu et al., 2021)
59	Membrana de Microfiltración	Eliminación de: - Turbidez - Materia orgánica - DBO	- Espesor de la membrana - Presión - Permeabilidad	Membrana orgánica	Alto rendimiento	Eficaz para Tratamiento De Aguas Residuales Textiles	(Khouni et al., 2020)

		- DQO					
60	Membrana de Nanofiltración	Eliminación de: - pH - Color como DFZ - Conductividad - Turbiedad - Cloruro - Tensioactivo aniónico - Tensioactivo catiónico	- Temperatura - Presión - Transmembrana - Tasa de flujo cruzado	Polímero - Poliamida	Larga vida útil.	Eficaz para Tratamiento De Aguas Residuales de Lavandería	(Kaya et al., 2020)
61	Membrana de Nanofiltración	Eliminación de: - pH - Tinte - NaCl	- Tamaño de poro - Rugosidad de la superficie - Resistencia	Polímero - polietersulfona	Alto rendimiento	Eficaz para Tratamiento De Aguas Residuales Textiles	(Ji et al., 2021)
62	Membrana de Ultrafiltración	Eliminación de: - Materia orgánica	- Espesor. - Rugosidad - Relativa absoluta - Porosidad - Temperatura	Polímero - polietersulfona	Alto rendimiento	Eficaz para Tratamiento De Aguas Residuales	(Guo et al., 2021)
63	Membrana de Microfiltración	Eliminación de: - Aceite - DQO	- Espesor. - Rugosidad	Cerámica	Alto rendimiento	Eficaz para Tratamiento De Aguas Residuales	(Ferreira et al., 2020)

		- Agua con viscosificante	- Relativa absoluta - Porosidad.				
64	Membrana de Ultrafiltración	Eliminación de: - Aceite - DQO	- Densidad de poros - Tamaño de poros	Polímero - polietersulfona	Alto rendimiento	Eficaz para Tratamiento De Aguas Residuales Aceitosas	(Ahmad et al., 2021)
65	Membrana de Ultrafiltración	Eliminación de: - Aceite - pH - Turbidez - DOC - UV ₂₅₄	- Temperatura - Presión máxima - Caída de presión - Ph - Sedimentos de alimentación	UF de polietersulfona	Alto rendimiento	Eficaz para Tratamiento De Aguas Residuales	(Qu et al., 2021)
66	Membrana de Ultrafiltración	Eliminación de: - Aceite grasas - DQO - DBO - pH - Conductividad - Turbidez	- Espesor. - Rugosidad - Relativa absoluta - Porosidad - Temperatura	Cerámica	Alto rendimiento	Eficaz para Tratamiento De Aguas Residuales Textiles	(Santra et al.,2020)
67	Membrana de Ultrafiltración	Eliminación de: - DBO - Sólidos en suspensión - Sulfatos	- Tamaño de poro - Relativa absoluta - Porosidad - Temperatura	Poliacrilonitrilo	Alto rendimiento	Eficaz para Tratamiento Secundario De Aguas Residuales de latex	(Dang et al., 2020)

68	Membrana de Ultrafiltración	<ul style="list-style-type: none"> - DBO - DQO - Materia orgánica 	<ul style="list-style-type: none"> - Permeabilidad - Tamaño de poro 	Metálico	Alto rendimiento y calidad de permeado	Eficaz para Tratamiento De Aguas Residuales	(Li et al., 2020)
----	-----------------------------	--	---	----------	--	---	-------------------

Fuente: Elaboración propia

III. METODOLOGIA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Según (Espinoza & Toscano, 2015) la presente investigación es básica, ya que recoge información de la realidad para aportar el conocimiento teórico, esta investigación está orientada al aporte del uso de membranas de micro, nano y ultrafiltración para el tratamiento de aguas residuales.

El diseño de investigación es narrativo de tópico, según (Hernandez, 2014) ya que la investigación esta presentada en forma de un texto narrativo por que busca la recolección de datos para poder analizarlos y describir cada suceso explicado en los artículos científicos.

3.2. Categorías, Subcategorías y matriz de categorización

En la tabla 6, llamada matriz de categorización apriorística, se señalará los objetivos específicos, problemas específicos, las categorías y subcategorías:

Tabla 6: *Matriz de categorización apriorística.*

Matriz de categorización apriorística				
Objetivos específicos	Problemas específicos	Categoría	Subcategoría	Unidad de análisis
Analizar los tipos de materiales que componen las membranas para el tratamiento de aguas residuales	¿Qué materiales componen a las membranas para el tratamiento de aguas residuales?	Tipos de materiales	Cerámica Polímeros Metálicos	(Saniei, y otros, 2020) (Sambusiti et al., 2020) (Liu et al., 2019)
Analizar los tipos de configuración de las membranas para el tratamiento de aguas residuales	¿Cuáles son los tipos de configuraciones de las membranas para el tratamiento de aguas residuales?	Configuración de las membranas	Planas Tubulares En forma de espira De fibra hueca	(Deng et al., 2019)
Analizar las condiciones operativas de aplicación de las membranas para el tratamiento de aguas residuales	¿Cuáles son las condiciones operativas de aplicación de las membranas para el	Condiciones operativas	Presión Diámetro de poro Porosidad superficial Densidad de poros superficial Espesor Rango de pH	(Zhao & Tang, 2021)

	tratamiento de aguas residuales?		Presión máxima con agua	
Analizar los métodos para disminuir el ensuciamiento de las membranas para el tratamiento de aguas residuales	¿Cuál es el método para disminuir el ensuciamiento de las membranas para el tratamiento de aguas residuales?	Ensuciamiento	Incrustaciones Óxidos metálicos Coloides Orgánicos Ensuciamiento rápido Ensuciamiento lento	(Yang et al., 2011) (Zhong et al., 2019)
Analizar los tipos de materiales eliminados por las membranas en el tratamiento de aguas residuales.	¿Qué eliminan las membranas en el tratamiento de aguas residuales?	Partículas eliminadas	Sólidos suspendido Levadura y hongos Células bacterianas Emulsiones de aceite Sólidos coloidales Virus Proteínas Enzimas Antibióticos Moléculas orgánicas Iones inorgánicos Agua	(Yin, Zhang, Ma, Venkateswaran, & Hsiao, 2020) (Mouratib, Achiou, El Krati, Alami, & Tahiri, 2020)

Fuente: elaboración propia.

3.3. Escenario de estudio

La presente investigación no cuenta con un escenario de estudio definido, ya que esta investigación se basa en una revisión sistemática sobre el uso y aplicaciones de membranas en el tratamiento de aguas residuales, por ende se utilizaron diferentes fuentes que contienen artículos científicos para su estudio.

3.4. Participantes

Para la investigación, se utilizó diferentes fuentes confiables, tales como tesis, libros, revistas científicas y fuentes nacionales e internacionales con normativas vigentes para su análisis, como lo fueron: El Ministerio del Ambiente, La Autoridad Nacional del Agua, La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, La Organización Mundial de la Salud, todos esas páginas apoyadas por la base de datos de artículos científicos como: ScienceDirect, Scopus y Google Academic.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica que se utilizó en esta parte para la recolección de datos es el análisis documental (Martinez, 2004) ya que nos permite apreciar sobre el funcionamiento y la veracidad del total de los datos de los documentos seleccionados. La búsqueda de la referencia bibliográfica, va a depender del tema que se va a tratar, ya que con las palabras claves se buscó información sobre el tema, a su vez, se requiere el estudio del mismo tema para evaluar que documentos científicos escoger para el presente documento, y así lograr una buena planificación sobre el tema (Villavicencio, Cuenca, Velez, Sayago, & Cabrera, 2016).

Se elaboró una ficha de recolección de datos (Anexo 1)

3.6. Procedimientos

Se realizó la búsqueda de los artículos científicos para el tema de investigación. Las palabras claves que más se usaron en la búsqueda fueron: wastewater, ultrafiltration, membrane, treatment, filtration, filter, bioreactor, biological process, biofilm, fouling, microfiltration, nanofiltration, membrana de filtro, bio-reactor, agua residual, agua residual doméstica, agua residual industrial, ultra-filtración y filtros, las cuales se buscaron en las bases de datos de Scopus, ScienceDirect y Google Académico, se tuvieron 157 artículos que fueron revisado de acuerdo a lo que se está investigando, llegando a una cantidad de 68 artículos que tienen información relevante para la presente investigación.

3.7. Rigor científico

En la presente investigación se tomaron en cuenta los siguientes criterios definidos por (Noreña, Alcaraz-Moreño, Rojas, & Rebolledo-Malpica, 2012):

- Criterio de estabilidad, ya que se emplea el mismo método de recolección de datos que otras investigaciones.
- Criterio de credibilidad, ya que la información obtenida de otros artículos es verídica, ya que son de páginas de artículos científicos confiables.
- Criterio de transferibilidad, ya que la información obtenida, es utilizada en la presente investigación para sus posibles comparaciones y descubrir lo común entre los artículos estudiados.
- Criterio de consistencia, ya que tiene una estabilidad en los datos, porque los artículos científicos son obtenidos de base de datos científicos.
- Criterio de conformabilidad, ya que se permite identificar los alcances y limitaciones.

3.8. Método de análisis de datos

La información obtenida se agrupó de acuerdo a los objetivos principales para un mayor orden, a partir del cual se hicieron análisis parciales de cada categoría y subcategorías, detallando cada una de ellas en una base de datos en el programa llamado Excel, se tiene 68 referencias bibliográficas que están relacionadas a los objetivos. Con esa información, se buscará relación o diferencias con el tema en investigación, relacionando como son los métodos de todos los tratamientos de aguas residuales domésticas e industriales buscadas.

Se elaboraron diferentes cuadros en los cuales se busca agrupar cada tipo de datos que se necesita adjuntar en el informe de investigación, así facilitando el proceso de llenado.

3.9. Aspectos éticos

La presente investigación contiene artículos científicos de fuentes confiables, cada uno de las ideas que no son de autoría nuestra, están correctamente citadas, respetando a los autores, las referencias bibliográficas están de acuerdo al manual de la Universidad César Vallejo (UCV, 2017), el resultado final será respaldado por los criterios de rigor científico establecidos, a la misma vez, esta investigación estará a disposición de cualquiera que requiera información con respecto al tema de investigación.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para el objetivo general, los resultados se obtuvieron en base a la información recopilada de 68 artículos que se utilizaron como antecedentes tanto para los factores que influyen en la funcionalidad de la membrana como para la eficiencia en los diferentes usos para los tratamientos de aguas residuales conllevando a las diferentes clases de membranas, la microfiltración, ultrafiltración y nanofiltración en el cual cada característica es diferente donde se obtuvieron los siguientes resultados y discusiones.

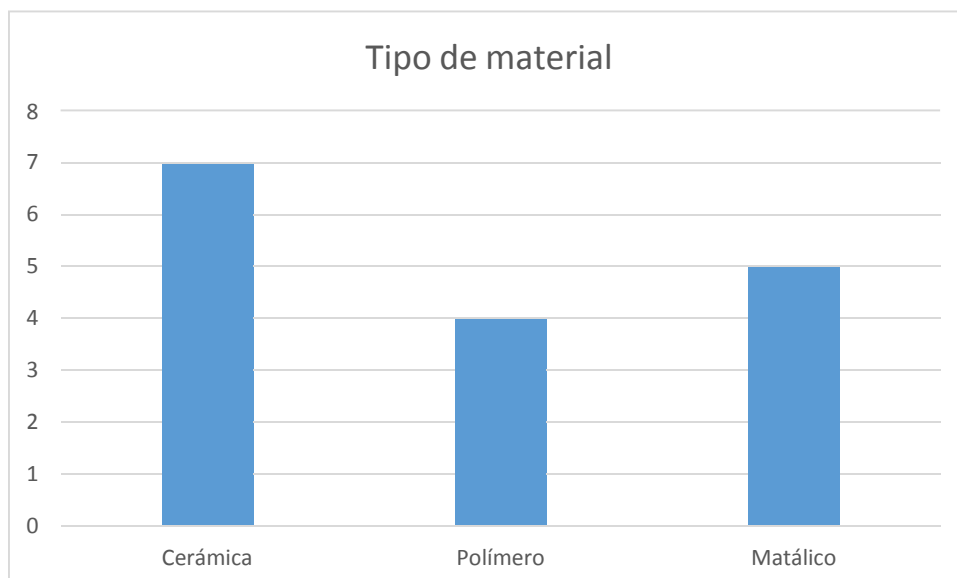
A continuación, en base a la información sistematizada que se encuentra en los anexos 2, 3, 4, 5 y 6 se obtuvieron los valores y características promedio para la funcionalidad según el tipo de membranas, estos parámetros influyen en las condiciones operativas a través de la duración y el ensuciamiento por medio de las partículas que ingresan a estas membranas, se elaboraron los gráficos 1,2, 3, 4 y 5 que muestran los resultados de los tipos de materiales utilizados, configuración de la membrana, los tipos de ensuciamiento, membranas utilizadas y parámetros eliminados influyentes

Para el objetivo específico 1, se muestra que los tipos de membranas (anexo 2), se identificaron durante la investigación son 3, membranas cerámicas, poliméricas y metálicas, de las cuales los materiales más usados por los investigadores como (Liu et al., 2019); (Mouratib et al., 2020); (Sambusiti et al., 2020); (Garcia-lvars et al., 2017); (Abadikhah et al.,2019) fueron las membranas de tipo cerámicas y poliméricas (Saniei et al., 2020); (Nakhate et al., 2021); (Deng et al., 2019); (Ejraei et al., 2019); (Liyana et al., 2019); (Zhao & Tang, 2021); (Zhong et al., 2019) dando lugar al material utilizando en la membrana cerámicas el material más utilizado son la Alúmina tubular cuya duración de esta equivale a 5 años aproximadamente y pueden ser utilizadas para filtraciones a temperaturas elevadas, Por otro lado, (Mouratib et al., 2020) menciona

que se han desarrollado con éxito membranas cerámicas a bajo costo compuestas por materiales de desecho, en cambio las membranas poliméricas son las usadas para el desarrollo de la Microfiltración, ultrafiltración y nanofiltración, los materiales más utilizados durante la investigación fueron las polisulfonas y poliamidas con una duración de un año aproximadamente es aplicado para la filtración de aire y la filtración de disolventes orgánicos, y por ultimo está la membrana metálica (Li et al., 2020); (Zou et al., 2019); (Goswami et al.,2020), (Sathya et al., 2019) siendo el material más usado el grafito y sus derivados, tiene una duración de 5 años aproximadamente.

En el gráfico 1 se evidencia que la cantidad de tipos de materiales como la cerámica es utilizado con más frecuencia en los estudios analizados, esto sucede por las características que posee, como la alta dureza, resistencia al desgaste, estabilidad química, resistencias a altas temperaturas. Por estas propiedades que posee la cerámica, es indispensable en muchos procesos donde se utilizan las membranas. (Martinez, 2015).

Gráfico 1: Cantidad de tipos de materiales.



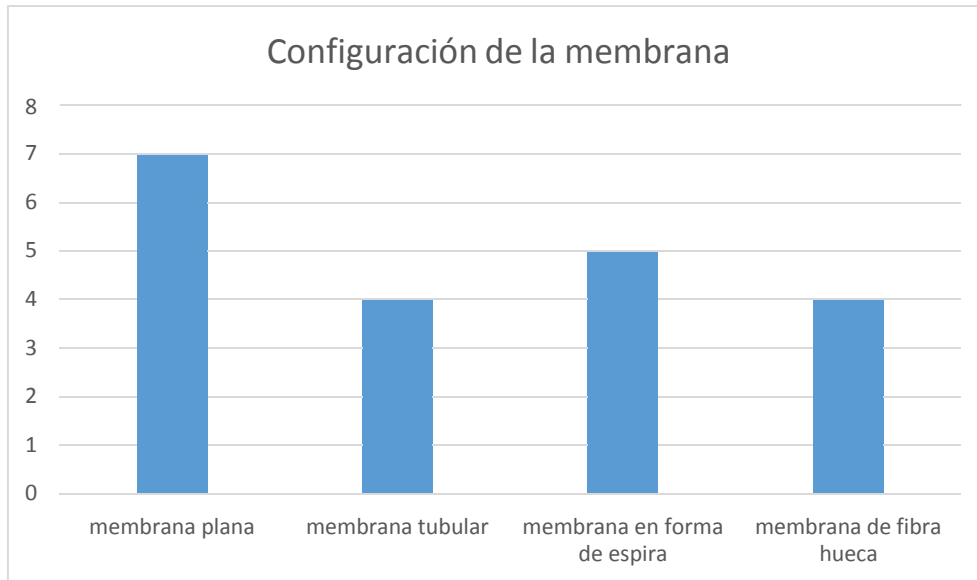
Fuente: Elaboración propia.

Para el objetivo específico 2, las membranas cuentan con cuatro configuraciones (anexo 3) para cada tipo de tratamiento de aguas residuales, las membranas planas investigados por (Saniei et al., 2020), (Mozia et al., 2014), (Deng et al., 2019), (Liyana et al., 2019), (Sathya et al., 2019), (Zhao & Tang, 2021), (Y. Wang et al., 2017) tienen un diámetro de los canales aproximado de 2 mm con una superficie y volumen de 100 m² y 400m³ respectivamente y es utilizada principalmente para las industrias alimenticias y farmacéuticas, las membranas tubulares que fueron investigados por (Ochando-Pulido & Martinez-Ferez, 2018), (Zou et al., 2019), (Shishegaran et al., 2020), (Krahnstöver et al., 2019) cuentan con un diámetro de >10 mm aproximadamente, con una superficie y volumen de 200 m² , 300m³ respectivamente y es utilizada principalmente en las industria de alimentos y automóviles, ya que este tipo de configuración resulta eficaz para la recogida de líquidos altamente concentrados como pinturas, zumos, etc. Las membranas de en forma espiral que utilizaron (Goswami et al.,2020), (Zonglin et al.,2019), (Sumisha et al., 2015), (Ang et al.,2020), (Tang et al., 2020) tienen un diámetro de los canales aproximado de 0,5 – 10 mm con una superficie y volumen de 200 m² y 1000m³ y es utilizada principalmente en industrias en las plantas desaladoras de osmosis inversa, tanto de agua salobre como de agua de mar. Las membranas de fibras huecas que se utilizaron (Sun et al., 2018), (Vatanpour et al.,2020), (Mouratib et al., 2020), (Ejraei et al., 2019) tienen un diámetro de los canales aproximado de <0,5 mm con una superficie y volumen de 600 m² y 1200m³ respectivamente y es utilizada principalmente en para tratamiento de aguas potables. Para (Sathya et al., 2019) Este proceso de membrana puede considerarse como un avance tecnológico revolucionario y se consideran viables para el tratamiento de aguas residuales industriales con sistema de crecimiento suspendido más ventajas con respecto a la remoción de sólidos, remoción orgánica, huella reducida, gran tasa de carga y mínima producción de lodos.

Se muestra en el gráfico 2, se observa la gran cantidad de proyectos que han utilizado esto tipo de configuración de membrana, que es la de

membrana plana, debido a las múltiples ventajas que esta membrana cuenta, como la de limpieza química cada tres meses, y gracias a esto no necesita un lavado continuo, como el resto de membranas. (Ruiz, 2018)

Gráfico 2: Configuración de la membrana.



Fuente: Elaboración propia.

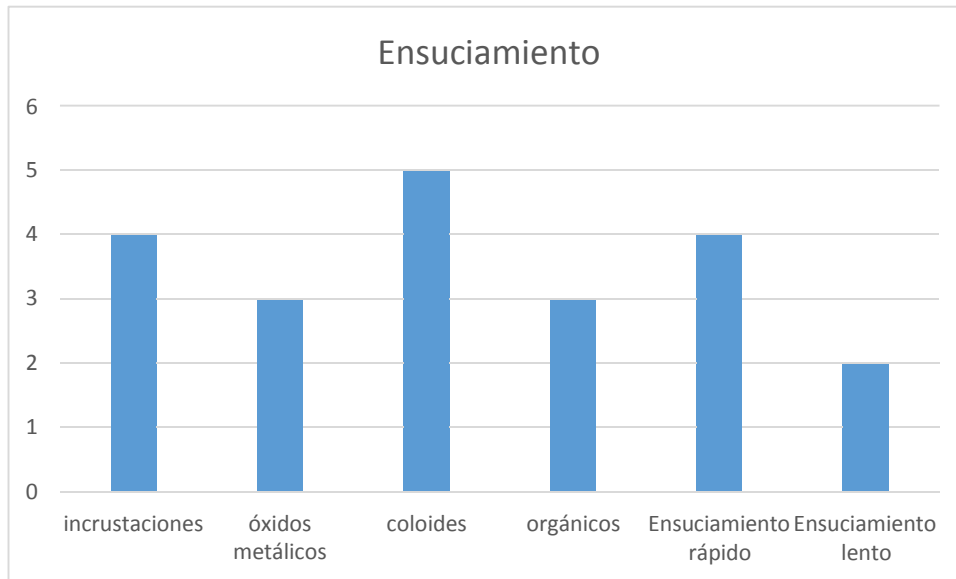
Para el objetivo específico 3, son varias las condiciones de operatividad (anexo 4) que tienen las membranas para su funcionalidad eficaz y eficiente, y que corresponde diferentes condiciones para la Microfiltración, ultrafiltración y nanofiltración, las más importantes que se rescató y sistematizó con los estudios previos desarrollados. La presión: Los estudios realizados (Shishegaran et al., 2020), (Ozbey-Unal et al., 2020), (Tang et al., 2020), (Oulebsir et al., 2020) que para la Microfiltración el rango de presión debe ser de 0.1 a 5 bar, para la ultrafiltración entre 1-10 bar y para la nanofiltración corresponde entre 5 a 20 bar. Diámetro de poro: Los estudios realizados por (Mouratib et al., 2020), (Ejraei et al., 2019), (X. Wang et al., 2017), (Ye et al., 2020), (Wu et al., 2019), (Goswami et al., 2020) nos mencionan que el diámetro para las membranas de Microfiltración tiene un rango de 10 a 100 μm , para la membrana de ultrafiltración 4.14 nm y para la nanofiltración tiene un rango de 0,1 nm-0,001 μm . La densidad de los poros según (Liyana et al., 2019),

(Sun et al., 2018), (Y. Wang et al., 2017), (Wu et al., 2019)(Isawi, 2019), (Garcia-Ivars et al., 2017), (Naddeo et al., 2020), (Goswami et al.,2020) van de rangos para la Microfiltración, ultrafiltración y nanofiltración de 10^8 - 10^{12} , 10^9 - 10^{12} y 10^7 - $10^{12}m^{-2}$.

Para el objetivo específico 4, el ensuciamiento de las membranas (anexo 5) se dan por diferentes motivos, para (Ochando-Pulido & Martinez-Ferez, 2018), (Zou et al., 2019), (Shishegaran et al., 2020), (Krahnstöver et al., 2019) el ensuciamiento se da por las incrustaciones esto hace que la presión aumente, el permeado disminuya y el paso de sales aumente, en cambio para (Egea-Corbacho et al., 2019), (Tavanga et al., 2019), (Zeeshan et al., 2020) en ensuciamiento se da óxidos metálicos cuyas características son que en la presión ni permeado sea afectada pero si aumenta el paso de sales. Otro tipo de ensuciamiento de las membranas se dan por los coloides estos según (Goswami et al.,2020), (Zonglin et al.,2019), (Sumisha et al., 2015), (Ang et al.,2020), (Tang et al., 2020) hace que la presión aumente, el permeado disminuya y el paso de sales aumente. Por otro lado, el ensuciamiento orgánico que fue estudiado por (Ahmad et al., 2021), (Qu et al., 2021), (Dang et al., 2020) menciona que presión y el paso de sales no hacen cambio alguno, en cambio el permeado disminuye.

Se muestra en el gráfico 3, la mayoría de membranas de filtración, en los artículos revisados, el tipo de ensuciamiento mayoritario fue por colides, debido a la presencia de aluminosilicatos, proteínas y polisacáridos, entre otras. (Melián, 2015)

Gráfico 3: *Tipos de ensuciamiento.*

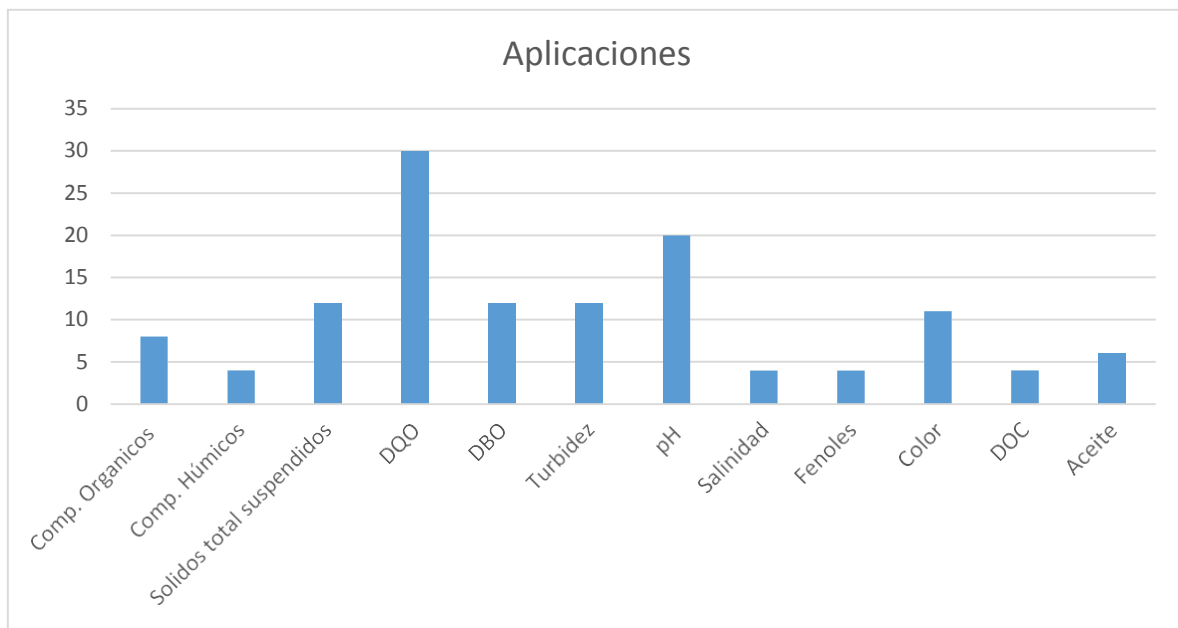


Fuente: Elaboración propia.

Para el objetivo específico 5, el resultado para la eliminación de partículas se da por la capacidad de los poros y el tipo de membrana a utilizar (anexo 6), se muestran los parámetros que se recogió de los artículos científicos investigados y se sacaron un promedio con los rangos de las partículas que estas membranas pueden eliminar. (Ayala, Peñuela, & Montoya, 2006)

En el gráfico 4, se aprecia para que fueron utilizados las diferentes membranas estudiadas, el parámetro que más se eliminó fue la Demanda Química de Oxígeno (DQO), seguido por el pH, estos son los que tiene mayor presencia los artículos estudiados, existen otros parámetros, pero estos equivalen menos del 1% cada uno, los que se presentan en el gráfico, son los más representativos en el estudio, estas membranas tienen una eficacia de eliminación muy alta del DQO. (Calvo, Mora, Quesada, & Quesana, 2010).

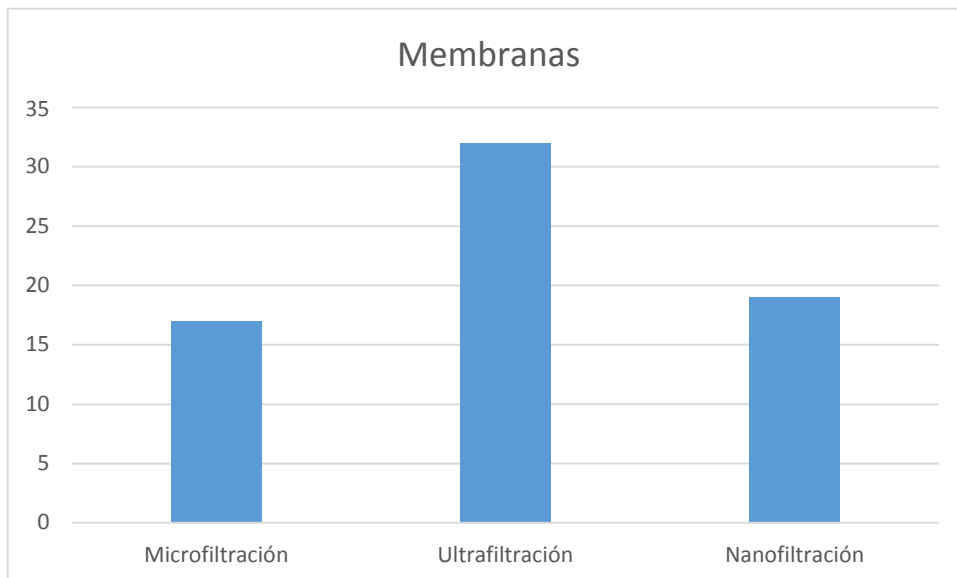
Gráfico 4: *Aplicaciones en los artículos.*



Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico 5, muestra la cantidad de membranas de microfiltración, ultrafiltración y nanofiltración; en los 68 artículos revisados anteriormente se llega a concluir, que 32 artículos utilizan la membrana de ultrafiltración, ya que estos no utilizan agua que tenga una carga contaminante alta, porque ahí se utilizaría las membranas de nanofiltración, que también fueron revisadas, pero no fueron tan ampliamente implantadas en cada proyecto, en cambio como la membrana de ultrafiltración, es como un término medio entre la de microfiltración y nanofiltración, es utilizada para muchos más proyectos donde se tiene que tratar al agua para remover ciertas sustancias como virus, proteínas, bacterias, coloides grandes, entre otras. (Soles, Vélez, & Ramírez-Navas, 2017)

Gráfico 5: Cantidad de membranas.



Fuente: Elaboración propia.

Las membranas de filtración son utilizadas para diferentes tipos de tratamiento de aguas residuales, a su vez se sabe que las aguas residuales son un problema cada más frecuente que va afectando la disponibilidad actual de recursos hídricos a nivel mundial, que se están volviendo insuficientes para satisfacer la creciente demanda de agua dulce.(Ochando-Pulido & Martinez-Ferez, 2018). Las membranas que se investigaron fueron de microfiltración, ultrafiltración y nanofiltración.

Los resultados con respecto a la membrana de microfiltración que se utiliza en cada artículo y cuál es su eficacia se representa en la tabla 7:

Tabla 7: Resultados membrana de microfiltración.

Membrana de microfiltración		
Utilización	Resultado	Fuente
Es aplicable para la eliminación turbidez reducir	Es adaptado para aguas residuales textiles industriales	(Mouratib et al., 2020)

DQO y decolorar completamente las aguas		
Eliminación de fenol.	Eficaz para tratamiento de aguas	(X. Wang et al., 2017)
Glucosa almidón soluble peptona NUEVA HAMPSHIRE 4 Cl NaHCO 3	Eficaz para tratamiento de aguas residuales industriales, excrementos humanos y especialmente aguas residuales domésticas.	(Yang et al., 2011)
La DQO, El fenol y la concentración de BPA	Eficaz para agua de río, aguas residuales diluidas, agua de río Agua gris Aguas grises sintéticas	(Zhu et al.,2020)
Para eliminación de ácidos y álcalis fuerte	Eficaz para Tratamiento De Aguas Residuales de campos Petrolíferos	(Zhang et al., 2020)
Para eliminación de color y salinidad	Eficaz para Tratamiento De Aguas Residuales Textiles	(Ye et al., 2020)
Para eliminación de pH, DQO, DBO y aceites	Eficaz para Tratamiento De Aguas Residuales para aceites	(Abadikhah et al.,2019)
Para eliminación de pH, DBO ₅ y Sólidos totales	Eficaz para Tratamiento De	(Cancino-Madariaga et al.,2011)

	Aguas Residuales para tratamiento de almidón de maíz.	
Para eliminación de pH, DQO y Sólidos suspendidos totales	Eficaz para Tratamiento De Aguas Residuales contaminantes orgánicos	(Goswami et al.,2020)
Para eliminación de aguas aceitosas.	Eficaz para Tratamiento De Aguas Residuales Aceitosas.	(Jafar et al.,2020)
Para eliminación de turbidez y DQO	Eficaz para Tratamiento de Aguas Residuales Industriales Textiles.	(Manni et al., 2020)
Para eliminación de DQO, SO ₄ , Cr, Pb, Fe, Zn, Si y Fósforo total	Eficaz para Tratamiento de Aguas Residuales Industriales	(Ozbey-Unal et al.,2020)
Para eliminación de DQO y BPA	Eficaz para Tratamiento de Aguas Residuales con bisfenol	(Zonglin et al.,2019)
Para eliminación de pH, Al ₂ (SO ₄) ₃ , Fe ₂ (SO ₄) ₃ , Poliacrilamida y cloruro de Aluminio	Eficaz para Tratamiento de Aguas Residuales Oleosas.	(Sheikhi et al., 2019)
Para eliminación de residuos orgánicos, nutrientes, sólidos de suspensión y salinidad	Eficaz para Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas.	(Zuo et al., 2018)

Para eliminación de turbidez, materia orgánica, DBO y DQO	Eficaz para Tratamiento De Aguas Residuales Textiles	(Khouni et al., 2020)
Para eliminación de aceite, DQO y agua con viscosificante	Eficaz para Tratamiento De Aguas Residuales	(Ferreira et al., 2020)

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo al estudio, la microfiltración está aplicada en gran parte de las industrias que requieran un proceso de separación de sólidos y líquidos. También es usada en diversas aplicaciones, principalmente en el reúso de agua (potabilización, tratamiento de efluentes industriales combinado o no con biorreactores, pretratamiento de la desalinización, y muchas opciones más descritas). (Chaparro, Castillo, Vaillant, Servent, & Dornier, 2017)

Si bien la membrana de microfiltración es utilizada para el tratamiento de aguas residuales, por otro lado, también es de gran uso para la industria alimentaria, es aplicable para la clarificación de bebidas como zumos de frutas, vinos, sidras y cerveza, la esterilización de la leche, la clarificación de extracciones vegetales, etc. Y a su vez también se usa en la extracción de aminoácidos, enzimas y moléculas de caldos de fermentación en la industria de biotecnología. (Muro, y otros, 2009)

Los resultados con respecto a la membrana de ultrafiltración que se utiliza en cada artículo y cuál es su eficacia se representa en la tabla 8:

Tabla 8: Resultados membrana de ultrafiltración.

Membrana de Ultrafiltración		
Utilización	Resultado	Fuente
Para eliminación de compuestos orgánicos de bajo peso molecular, sustancias similares a los húmicos y biopolímeros.	Los orgánicos acumulados en la superficie de la membrana disminuyeron notablemente por el tratamiento híbrido de pretratamiento.	(Liu et al., 2019)
Para la eliminación de varios contaminantes, incluidos los productos farmacéuticos, clorofenol, tintes.	Es eficaz tratamiento de aguas residuales municipales, tratamiento primario y secundario.	(Moza et al., 2014)
Elimina el contenido orgánico, DQO y TDS	Eficaz para tratamiento sintético de aguas residuales.	(Nakhate et al., 2021)
Eliminación de biopolímeros, sustancias húmicas y la materia orgánica hidrófila en el CMF	Eficaz tratamiento de agua potable.	(Deng et al., 2019)
Eliminación de metales pesados, fenoles, BTEX, HAP y carbono orgánico total.	Eficaz para agua producida por petróleo y gas.	(Sambusiti et al., 2020)

La Elimina el HA fluoróforos, grupos funcionales carboxílicos y las estructuras aromáticas.	Eficaz para tratamiento de agua potable.	(Sun et al., 2018)
Eliminación de UV ₂₅₄ y DOC humedad microbiana o marina. sustancias similares	Eficaz para tratamiento de aguas superficiales	(Zhao & Tang, 2021)
DOC, DOC ,hidrofóbico DOC ,hidrofílico ,Biopolímeros ,Polisacáridos, Proteínas y Sustancias húmicas	Eficaz para tratamiento secundario de efluentes de aguas residuales	(Y. Wang et al., 2017)
Eliminación de DQO y NH ₃ -N	Eficaz para tratamiento de aguas superficiales contaminadas	(Zhong et al., 2019)
Sulfato de sodio, cloruro de sodio y tientes.	Tratamiento eficaz de aguas residuales.	(Zou et al., 2019)
Para eliminación de turbidez, pH, DQO, DOC, UV ₂₅₄ , Color (CU)	Eficaz para Tratamiento De Aguas Residuales en una fábrica de papel.	(Wu et al., 2019)
Para eliminación de, PES, N-metil-2-pirrolidona (NMP), Dimetilsulfóxido, Dimetilformamida	Eficaz para Tratamiento De Aguas Surfactante Aniónico.	(Shishegaran et al., 2020)

Para eliminación de Inorgánico, SiO ₂ , CuO, NP	Eficaz para Tratamiento De Aguas Residuales contaminantes orgánicos	(Isawi, 2019)
Para separación de emulsiones de agua aceitosa	Eficaz para Tratamiento De Aguas Residuales Oleosas	(Gholami et al., 2020)
Para eliminación de pH, DQO, DOC	Eficaz para Tratamiento De Aguas Residuales Municipales	(Garcia-Ivars et al., 2017)
Para eliminación de turbidez, pH, temperatura	Eficaz para Tratamiento para la Desalinización de Aguas Residuales.	(Chang et al., 2019)
Para eliminación de pH, DQO, DBO	Eficaz para Tratamiento De Aguas Residuales Secundaria	(Naddeo et al., 2020)
Para eliminación de materia orgánica, pH, turbidez, UV ₂₅₄ , ratios	Eficaz para Tratamiento De Aguas Residuales terciario	(Qu et al., 2021)
Para eliminación de DQO, Turbidez	Eficaz para Tratamiento De Aguas Residuales para aceites.	(Arefi-Oskoui et al., 2020)
Para eliminación de pH, temperatura, turbiedad, disuelto carbón orgánico	Eficaz para Tratamiento de Aguas Superficiales	(Krahnstöver et al., 2019)

Para eliminación de turbidez y DQO	Eficaz para Tratamiento De Aguas Residuales Aceitosas	(Oskoui et al., 2020)
Para eliminación de níquel y pH	Eficaz para Tratamiento De Aguas Residuales para metales pesados	(Gao et al., 2018)
Para eliminación de DQO, sólidos disueltos totales, turbidez y conductividad	Eficaz para Tratamiento De Aguas Residuales Industriales	(Sumisha et al., 2015)
Para eliminación de plomo	Eficaz para Tratamiento De Aguas Residuales con contenido de Plomo	(Tang et al., 2020)
Para eliminación de pH, DQO, DOC, UV ₂₅₄ y color	Eficaz para Tratamiento Terciario de Aguas Residuales	(Wu et al., 2019)
Para eliminación de colorantes y sales	Eficaz para Tratamiento Terciario de Aguas Residuales	(Zou et al., 2019)
Para eliminación de materia orgánica	Eficaz para Tratamiento De Aguas Residuales	(Guo et al., 2021)
Para eliminación de aceite y DQO	Eficaz para Tratamiento De Aguas Residuales Aceitosas	(Ahmad et al., 2021)
Para eliminación de aceite, pH, turbidez, DOC y UV ₂₅₄	Eficaz para Tratamiento De Aguas Residuales	(Qu et al., 2021)

Para eliminación de aceite grasas, DQO, DBO, pH, conductividad y turbidez	Eficaz para Tratamiento De Aguas Residuales Textiles	(Santra et al.,2020)
Para eliminación de DBO, sólidos en suspensión y sulfatos	Eficaz para Tratamiento Secundario De Aguas Residuales de latex	(Dang et al., 2020)
Para eliminación de DQO, materia orgánica y DBO	Eficaz para Tratamiento De Aguas Residuales	(Li et al., 2020)

Fuente: Elaboración propia.

La membrana de ultrafiltración es la más utilizada en todo el estudio, prácticamente eso se basa ya que no es utilizado para procesos más minucioso donde se necesita otra membrana, pues con la membrana de ultrafiltración basta para los procesos a los que se le requiere. (Santiago, Pineda, & Olmo, 2011)

Como bien se sabe, la ultrafiltración se utiliza como pretratamiento para aguas superficiales, agua de mar, aguas subterráneas, efluentes tratados biológicamente y como pretratamiento del agua para su posterior tratamiento con sistemas de desmineralización de membrana. La ultrafiltración brinda una calidad constante del agua, independientemente de la cantidad de sólidos suspendido en el agua de alimentación. Reduce la materia orgánica entre el 50 y el 90% y, con la adición de coagulantes, se puede utilizar para la remoción de arsénico. También elimina de manera eficiente los patógenos (Fluence, 2015).

Los resultados con respecto a la membrana de nanofiltración que se utiliza en cada artículo y cuál es su eficacia se representa en la tabla 9:

Tabla 9: Resultado membrana de nanofiltración.

Membrana de nanofiltración		
Utilización	Resultado	Fuente
Eliminación de bacterias, virus, olor, DBO, DQO y color.	Para el tratamiento de aguas residuales municipales e industriales	(Saniei et al., 2020).
Eliminación de detergentes, TSS, Do, DQO y DBO.	Eficaz a tratamiento de aguas residuales en modalidad simple e híbrida	(Ejraei et al., 2019)
Elimina la decoloración de las aguas residuales de tintes bencidina, naftaleno.	Eficaz para aguas residuales textiles industriales.	(Liyana et al., 2019)
Eliminación en el color y demanda química de oxígeno	Eficaz para aguas residuales textiles.	(Sathya et al., 2019)
Eliminación de azul de metileno, iones Pb	Aguas residuales multicomponente de textiles y municipales	(Yin et al., 2020)
Eliminación de pH, CE, TSS, DQO y fenoles totales	Para aguas de uso industrial, alimentaria, cosmética, farmacéutica y biotecnológica	(Ochando-Pulido & Martinez-Ferez, 2018)
Eliminación de Cloruro, Sodio, Magnesio, Calcio y Potasio	Eficaz para Tratamiento de Aguas	(Ang et al., 2020)
Eliminación de Amoxicilina y pH	Eficaz para Tratamiento De	(Oulebsir et al., 2020)

	Aguas Residuales farmacéuticas	
Eliminación de DBO ₅ , DQO, Sólidos Suspendidos totales, Nitrógeno total y Fósforo total	Eficaz para Tratamiento De Aguas Residuales Textiles	(Cinperi et al., 2019)
Eliminación de Cafeína, Teobromina, Teofilina, Amoxicilina y Penicilina	Eficaz para Tratamiento De Aguas Residuales de Contaminantes Emergentes	(Egea-Corbacho et al., 2019)
Eliminación de FeCl ₃ , CuCl ₂ , ZnCl ₂ y MgCl ₂	Eficaz para Tratamiento De Aguas Residuales ácidas	(Gu et al., 2020)
Eliminación de Sólidos disueltos totales, Na, Sr ²⁺ , Mg ²⁺ , K y Fe ²⁺	Eficaz para Tratamiento De Aguas Residuales Industriales	(Tang et al., 2020)
Eliminación de DQO, Color, DQO, Turbidez, TDS, TSS, Conductividad y Salinidad (%)	Eficaz para Tratamiento De Aguas Residuales Textiles.	(Tavanga et al., 2019)
Eliminación de pH, DQO y Tintes	Eficaz para Tratamiento De Aguas Residuales de Tinte.	(Vatanpour et al., 2019)
Eliminación de pH, DQO y Tintes	Eficaz para Tratamiento De Aguas Residuales de Tinte.	(Vatanpour et al., 2020)

Eliminación de Arsénico y Selenio	Eficaz para Tratamiento De Aguas Residuales de arsénico y selenio	(Zeeshan et al., 2020)
Eliminación de Turbidez, Materia orgánica, Sulfatos, Calcio, Magnesio y Sólidos disueltos totales	Eficaz para Tratamiento De Aguas Residuales	(Liu et al., 2021)
Eliminación de pH, Color como DFZ, Conductividad, Turbiedad, Cloruro, Tensioactivo aniónico y Tensioactivo catiónico	Eficaz para Tratamiento De Aguas Residuales de Lavandería	(Kaya et al., 2020)
Eliminación de pH, Tinte y NaCl	Eficaz para Tratamiento De Aguas Residuales Textiles	(Ji et al., 2021)

Fuente: Elaboración propia

La membrana de nanofiltración es para procesos más avanzados, donde se requiera remover partículas mucho más pequeñas para realizar el tratamiento de aguas. La membrana de nanofiltración es la más eficaz de las membranas. (Beltran, Pallet, Vera, & Ruales, 2016)

La nanofiltración es una técnica que ha prosperado a lo largo de los últimos años. Hoy, la nanofiltración es básicamente aplicada en pasos de purificación de agua potable, tales como ablandamiento del agua, decoloración y eliminación de micro contaminantes como ya se explicó en la figura 1 (Lenntech, 2015).

El uso de membranas de filtración tiene varias ventajas que es necesaria nombrarlas y explicarlas: (Tuset, 2019)

- Una excelente separación selectiva y uniforme, como bien se explicó en la Figura 1, cada una de las membranas tiene funciones distintas, cada una tiene los poros más pequeños que la otra, siguiendo este orden: microfiltración, ultrafiltración y nanofiltración, tienen una alta calidad de filtrado.
- No requiere aplicación de calor: tiene resistencia mecánica, como se dice en la Figura 1, no necesita de factores externos para que funcione correctamente (solo mantenimiento).
- No requiere adición de aditivos: las 3 membranas en estudio no requieren ningún químico para el proceso de filtrado de aguas residuales.
- Proceso continuo y sencillo: ya que solo el agua se filtra por las membranas, es un proceso sencillo.

Existe una gran desventaja en las membranas de filtración que es el de limpieza de ellas, el eliminar los restos orgánicos e inorgánicos que se acumulan con cierta frecuencia, esto es un proceso necesario ya que si no se hace modificará la permeabilidad de la membrana y no funcionará igual (Fàbregas, 2018), pero como se explica en la Tabla 4, para hacer la limpieza de las membranas existen 4 técnicas muy efectivas con lo cual las membranas pueden trabajar con la misma normalidad y sin alterar sus propiedades de filtración.

El 48.1% de los proyectos en investigación utilizaron membranas de ultrafiltración, el 23.9% del total, fueron los proyectos que utilizaron membranas de microfiltración, y los 28% restantes, fueron los proyectos que utilizaron membranas de nanofiltración.

V. CONCLUSIONES

- Se ha identificado los usos y aplicaciones de membranas para el tratamiento de aguas residuales, las membranas de microfiltración, ultrafiltración y nanofiltración son usadas normalmente en la limpieza de aguas residuales aceitosas, textiles, municipales, petróleo y gas, aguas superficiales, entre otros.
- Se ha analizado los materiales que componen a las membranas para el tratamiento de aguas residuales. Las membranas de microfiltración, ultrafiltración y nanofiltración usualmente son conformadas por materiales cerámicos, polímero y metálico; sin embargo, el más usado en la mayoría de las investigaciones es el material de cerámico por su elasticidad lo cual facilita una mayor permeabilidad de la membrana.
- Se analizaron los tipos de configuraciones de las membranas, siendo las más populares las de configuración plana, tubular, forma de espira y fibra hueca. Sus formas son elegidas dependiendo del tipo de aguas residuales a tratar, estas membranas se suelen usar a nivel industrial y comercial.
- Se analizaron las condiciones operativas de aplicación de las membranas para el tratamiento de aguas residuales. La presión, el diámetro de poro, la porosidad superficial, densidad de los poros, espesor, rango de pH, son cruciales en la mayoría de las membranas. Su rendimiento depende de la forma de elaboración y materiales, estas condiciones hacen que las membranas tengan buen funcionamiento para cada tipo de tratamiento de aguas residuales a utilizar. El diámetro del poro, permite limita el paso de cierto tamaño de las partículas y su contante aplicación produce un ensuciamiento acelerado.

- Se analizaron los métodos aplicados en la disminución del ensuciamiento de las membranas. El lavado por retroceso (Back-washing), busca la relajación de membrana, otros métodos como el pulso inverso, lavado por chorro delantero, lavado por chorro posterior, lavado por chorro de aire y por limpieza química con algunos facilitadores en la prolongación del tiempo de vida de las membranas.
- Se analizaron los tipos de materiales eliminados por las membranas en el tratamiento de aguas residuales, normalmente se trata de remover la DQO, DBO, coloides, inclusive el color de las aguas residuales.

VI. RECOMENDACIONES

- Para tengan una mejor durabilidad en el proceso de filtración, deben seguir cuidadosamente los pasos para que estas no se maltraten, ya sea por los materiales que se incrusta, como también la forma adecuada de limpieza.
- De acuerdo con las investigaciones en el Perú, la utilización de membranas de filtración son muy pocas, se recomienda incorporar estas membranas en los procesos distintos, que pueden ser para industrias y para descontaminación de aguas.
- Para escoger que tipo de membrana utilizar en procesos diferentes, es recomendable saber qué tipo de agua se utiliza en primera instancia, para tener noción de que tipo de membrana utilizar en el proceso de filtrado.
- En el Perú existe muy poca información sobre el uso de membranas de filtración es por eso que es recomendable seguir estudiando este método de purificación del agua, para que las industrias en nuestro país sean eco-amigables con lo que nos rodea.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Abadikhah, H., Wang, J., Xu, X., & Agathopoulos, S. (2019). *Journal of Water Process Engineering* *SiO₂ nanoparticles modified Si₃N₄ hollow fiber membrane for efficient oily wastewater microfiltration*. 29(December 2018), 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2019.100799>
2. AEDYR. (25 de Febrero de 2020). *Asociación Española de Desalación y Reutilización*. Obtenido de Asociación Española de Desalación y Reutilización: <https://aedyr.com/tipo-configuracion-modulos-membranas/#:~:text=Las%20configuraciones%20m%C3%A1s%20habituales%20son,espiral%20y%20de%20fibra%20hueca.&text=Este%20tipo%20de%20membranas%20planas,permeables%20que%20dirigen%20el%20flujo>.
3. Are, S., Khataee, A., Safarpour, M., & Vatanpour, V. (2020). *Separation and Purification Technology Modification of polyethersulfone ultrafiltration membrane using ultrasonic-assisted functionalized MoS₂ for treatment of oil refinery wastewater*. 238(December 2019). <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2019.116495>
4. Arefi-Oskoui, S., Khataee, A., Safarpour, M., & Vatanpour, V. (2020). Modification of polyethersulfone ultrafiltration membrane using ultrasonic-assisted functionalized MoS₂ for treatment of oil refinery wastewater. *Separation and Purification Technology*, 238. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2019.116495>
5. Ayala, M., Peñuela, G., & Montoya, J. (15 de Mayo de 2006). *Scielo*. Obtenido de Scielo: <http://www.scielo.org.co/pdf/rfiua/n38/n38a05.pdf>
6. Beé, H. (2019). *Ósmosis Inversa, nanofiltración, ultrafiltración y microfiltración*. Obtenido de <https://civilgeeks.com/2020/02/05/la-tecnologia-de-membranas-osmosis-inversa-nanofiltracion-ultrafiltracion-y-microfiltracion/>
7. Belle, M., Yap, M., Tang, C., Reyes, M., Guzman, D., C, H. L. C. M., C, A. R. C., Huang, S., Tsai, H., Hu, C., Lee, K., & Lai, J. (2020). *Desalinización Rendimiento mejorado de thin-film nano-filtration membranas de filtración fabricadas con la intervención de tensioactivos que tienen diferentes estructuras existentes para el tratamiento del agua*. 481. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2020.114352>
8. Beltran, E., Pallet, D., Vera, E., & Ruales, J. (25 de diciembre de 2016). *Scielo*. Obtenido de Scielo: http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-65422016000400071

9. Cancino-madariaga, B., & Aguirre, J. (2011). *Desalinización Tratamiento combinado de aguas residuales de almidón de maíz por sedimentación, micro fi filtración y ósmosis inversa*. 279, 285-290.
<https://doi.org/10.1016/j.desal.2011.06.021>
10. Chang, H., Li, T., Liu, B., Chen, C., He, Q., & Crittenden, J. C. (2019). Smart ultrafiltration membrane fouling control as desalination pretreatment of shale gas fracturing wastewater: The effects of backwash water. *Environment International*, 130.
<https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.05.063>
11. Chaparro, L., Castillo, S., Vaillant, F., Servent, A., & Dornier, M. (07 de diciembre de 2017). *Scielo*. Obtenido de Scielo:
http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612017000300004
12. Cinperi, C., Ozturk, E., C, N. O. Y., & C, M. K. (2019). *Revista de producción más limpia ósmosis inversa para su reutilización en procesos de producción*. 223, 837-848.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.166>
13. Colina, L. (2015). *Filtración por membrana*. Obtenido de http://sgpwe.izt.uam.mx/files/users/uami/mlci/filtracion_por_membrana.pdf
14. Delgado, W. (2 de Diciembre de 2015). *Gestion y valor economico del recurso hídrico*. Obtenido de *Gestion y valor economico del recurso hídrico*: <https://www.redalyc.org/pdf/3235/323540781003.pdf>
15. Deng, L., C, H. N., C, W. G., & Zhang, H. (2019). *Precoagulación junto con membrana de esponja fi filtración para la eliminación de materia orgánica y el control de la suciedad de la membrana durante el tratamiento del agua potable*. 157, 155-166.
<https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.03.052>
16. Egea-corbacho, A., Gutiérrez, S., María, J., & Alonso, Q. (2019). *Revista de producción más limpia posterior reutilización: Completa mi planta piloto a escala*. 214, 514-523.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.12.297>
17. Ejraei, A., Ali, M., & Ziarati, A. (2019). *Revista de ingeniería de procesos de agua Tratamiento de aguas residuales mediante un sistema híbrido que combina adsorción, degradación fotocatalítica y membrana fi procesos de filtración*. 28, 45-53.
<https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2019.01.003>
18. Escobar, J., Muro, C., Esparza, M., Gómez, R., Díaz, C., García, B., . . . Zavala, R. (s.f.). *Scielo*. Obtenido de Scielo:
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222012000300005
19. Espinoza, E., & Toscano, D. (2015). *Metodología de investigación educativa y técnica*. Ecuador: UTMACH.

20. Fabian, M. (22 de Marzo de 2019). *La Republica*. Obtenido de La Republica: <https://larepublica.pe/mundo/1435485-contaminacion-agua-causas-consecuencias-evitarla/>
21. Fàbregas, J. (18 de Julio de 2018). Obtenido de <https://www.aigues.net/introduccion-a-las-membranas-iv-fouling/>
22. FAO. (09 de enero de 2014). *FAO*. Obtenido de FAO: <http://www.fao.org/in-action/agronoticias/detail/es/c/513301/>
23. Fluence. (marzo de 2015). Obtenido de <https://www.fluencecorp.com/es/ultrafiltracion/>
24. Gao, J., Qiu, Y., Hou, B., Zhang, Q., & Zhang, X. (2018). Treatment of wastewater containing nickel by complexation- ultra fi ltration using sodium polyacrylate and the stability of PAA-Ni complex in the shear fi eld. *Chemical Engineering Journal*, 334(October 2017), 1878-1885. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2017.11.087>
25. Garcia-Ivars, J., Durá-María, J., Moscardó-Carreño, C., Carbonell-Alcaina, C., Alcaina-Miranda, M. I., & Iborra-Clar, M. I. (2017). Rejection of trace pharmaceutically active compounds present in municipal wastewaters using ceramic fine ultrafiltration membranes: Effect of feed solution pH and fouling phenomena. *Separation and Purification Technology*, 175, 58-71. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2016.11.027>
26. Gholami, F., Zinadini, S., & Zinatizadeh, A. A. (2020). Preparation of high performance CuBTC/PES ultrafiltration membrane for oily wastewater separation; A good strategy for advanced separation. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 8(6), 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.104482>
27. Goswami, K. P., & Pugazhenthii, G. (2020). Journal of Water Process Engineering Treatment of poultry slaughterhouse wastewater using tubular micro fi ltration membrane with fl y ash as key precursor. *Journal of Water Process Engineering*, 37(May), 101361. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2020.101361>
28. Grandez, P. (2 de agosto de 2018). *Actualidad ambiental*. Obtenido de Actualidad Ambiental: <https://www.actualidadambiental.pe/denuncian-que-fabricas-pesqueras-contaminan-playas-del-callao/>
29. Gu, K., Pang, S., Yang, B., Ji, Y., Zhou, Y., & Gao, C. (2020). *Revista de ciencia de membranas iones metálicos en aguas residuales ácidas*. 614, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2020.118497>
30. Guerrero, T. (20 de Febrero de 2020). *El Mundo*. Obtenido de El Mundo: <https://www.elmundo.es/elmundo/2012/02/15/natura/1329324929.html>
31. Guo, Y., Liang, H., Li, G., Xu, D., Yan, Z., Chen, R., Zhao, J., & Tang, X. (2021). A solar photo-thermochemical hybrid system using peroxydisulfate for organic matters removal and improving ultrafiltration

- membrane performance in surface water treatment. *Water Research*, 188, 116482. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.116482>
32. Hamad, M., Ullah, R., Shafiq, M., Sabir, A., Tecnología, D., Química, I., & Punjab, U. (2020). *Revista de ingeniería de procesos de agua Membrana de nanofiltración intercalada de poliamida modificada con un compuesto de carcasa de núcleo biofuncionalizado para la eliminación eficiente de arsénico y selenio de las aguas residuales*. 34. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2020.101175>
33. Hernandez, R. (2014). *Metodología de la investigación - Sexta edición*. Mexico: Mc Graw Hill Education.
34. Isawi, H. (2019). Evaluating the performance of different nano-enhanced ultrafiltration membranes for the removal of organic pollutants from wastewater. *Journal of Water Process Engineering*, 31. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2019.100833>
35. Jafari, B., Abbasi, M., & Hashemifard, S. A. (2020). Development of new tubular ceramic micro filtration membranes by employing activated carbon in the structure of membranes for treatment of oily wastewater. *Journal of Cleaner Production*, 244, 118720. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118720>
36. Kaya, Y. (2020). *Application of nanofiltration and reverse osmosis for treatment and reuse of laundry wastewater*.
37. Khouni, I., Louhichi, G., & Ghrabi, A. (2020). Assessing the performances of an aerobic membrane bioreactor for textile wastewater treatment: Influence of dye mass loading rate and biomass concentration. *Process Safety and Environmental Protection*, 135, 364-382. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2020.01.011>
38. Ki-moon, B. (22 de Octubre de 2014). *UnWater*. Obtenido de UnWater: <https://www.un.org/waterforlifedecade/quality.shtml>
39. Krahnstöver, T., Hochstrat, R., & Wintgens, T. (2019). Comparison of methods to assess the integrity and separation efficiency of ultrafiltration membranes in wastewater reclamation processes. *Journal of Water Process Engineering*, 30(xxxx). <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2018.06.008>
40. Lenntech. (2015). *Tecnología de Membrana*. Obtenido de Lenntech: <https://www.lenntech.es/tecnologia-de-membrana.htm>
41. Liu, D., Cabrera, J., Zhong, L., Wang, W., Duan, D., Wang, X., Liu, S., & Xie, Y. F. (2021). *Using loose nano filtration membrane for lake water treatment: A pilot study*. 15(4).
42. Liu, J., Zhang, J., Li, C., & Zhang, Z. (2019). *Revista de ciencia de membranas fi filtración para la recuperación de aguas residuales: calidad*

- del agua y ensuciamiento de la membrana. 590.
<https://doi.org/10.1016/j.memsci.2019.117310>
43. Liyana, A., Hanis, N., Hairom, H., Yong, L., C, C. Y. N., Khairul, M., & Wahab, A. (2019). *Revista de ingeniería de procesos de agua Tratamiento de aguas residuales industriales textiles mediante reactor fotocatalítico de membrana (MPR) en presencia de nanopartículas de ZnO-PEG y ultra apretado fi filtración*. 31.
<https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2019.100872>
44. Manni, A., Achiou, B., Karim, A., Harrati, A., Sadik, C., Ouammou, M., Younssi, S. A., & Bouari, A. El. (2020). Journal of Environmental Chemical Engineering New low-cost ceramic micro fi ltration membrane made from natural magnesite for industrial wastewater treatment. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 8(4), 103906.
<https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.103906>
45. Martinez, M. (2004). UNMSM. *Ideas centrales de la metodología cualitativa Lima. Revista de psicología. UNMSM*. Obtenido de UNMSM:
https://sisbib.unmsm.edu.pe/Bvrevistas/Investigacion_Psicologia/v09_n1/pdf/a09v9n1.pdf
46. Martínez, Y., & Villalejo, V. (2018). *Scielo*. Obtenido de Scielo:
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382018000100005
47. Mendez, J., & Marchan, J. (2008). *Diagnostico situacional de los sistemas de tratamiento de aguas residuales en las EPS del Peru y propuesta de solucion*. Lima: SUNASS.
48. Meneses, F., & Bercoff, P. (setiembre de 2015). *Scielo*. Obtenido de Scielo: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-70762015000300722
49. Mouratib, R., Achiou, B., El, M., & Alami, S. (2020). *Revista de la Sociedad Europea de Cerámica Membrana cerámica de bajo costo hecha de lodos de tratamiento de agua ricos en alúmina y sílice y su aplicación en aguas residuales fi filtración*. 40, 5942-5950.
<https://doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2020.07.050>
50. Mozia, S., Darowna, D., Szymański, K., Grondzewska, S., Borchert, K., & Morawski, A. W. (2014). *Artículo en prensa*.
<https://doi.org/10.1016/j.cattod.2013.12.049>
51. Muro, C., Escobar, J., Zavala, R., Esparza, M., Castellanos, J., Gomez, R., & Garcia, M. (07 de noviembre de 2009). *Scielo*. Obtenido de Scielo:
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992009000400003

52. Naddeo, V., Secondes, M. F. N., Borea, L., Hasan, S. W., Ballesteros, F., & Belgiorno, V. (2020). Removal of contaminants of emerging concern from real wastewater by an innovative hybrid membrane process – UltraSound, Adsorption, and Membrane ultrafiltration (USAMe®). *Ultrasonics Sonochemistry*, 68. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2020.105237>
53. Nakhate, P. H., Patil, H. G., Shah, V., Salvi, T., & Marathe, K. V. (2021). *Revista de ingeniería bioquímica Validación del proceso de reactor bioelectroquímico y de membrana integrado para la extracción de bioenergía sincrónica y el tratamiento sostenible de aguas residuales a escala semi-piloto*. 151(2019). <https://doi.org/10.1016/j.bej.2019.107309>
54. Noreña, A., Alcaraz-Moreño, N., Rojas, J., & Rebolledo-Malpica, D. (2012). Aplicabilidad de los criterios de rigor y éticos en la investigación cualitativa.
55. Ochando-Pulido, J. M., & Martínez-Ferez, A. (2018). Novel micro/ultra/nanocentrifugation membrane process assessment for revalorization and reclamation of agricultural wastewater. *Journal of Environmental Management*, 222, 447-453. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.05.092>
56. OMS. (14 de junio de 2019). OMS. Obtenido de OMS: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water#:~:text=En%20todo%20el%20mundo%2C%20al,que%20est%C3%A1%20contaminada%20por%20heces.&text=Se%20calcula%20que%20la%20contaminaci%C3%B3n,zonas%20con%20escasez%20de%20agua>
57. Orozco, L., Nava, P., Guarneros, C., & Caballero, F. (7 de mayo de 2019). *Avance y Perspectiva*. Obtenido de Avance y Perspectiva: <https://avanceyperspectiva.cinvestav.mx/filtracion-de-agua-por-membranas/>
58. Oulebsir, A., Chaabane, T., Tounsi, H., Omine, K., C, V. S., & Fililissa, A. (2020). *Revista de ingeniería química ambiental electrocoagulación secuencial con sal de calcio seguida de nanofiltración*. 8. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.104597>
59. Ozbey-unal, B., Isaac, P., Yagcioglu, M., Balcik-canbolat, Ç., Karagunduz, A., Keskinler, B., & Dizge, N. (2020). Journal of Water Process Engineering Treatment of organized industrial zone wastewater by microfiltration / reverse osmosis membrane process for water recovery: From lab to pilot scale. *Journal of Water Process Engineering*, 38(May), 101646. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2020.101646>
60. Palacios, H., Hernández, J., Zurita, F., & Sulbarán, B. (2017). *Innovación y desarrollo tecnológico revista digital*. Obtenido de

- https://iydt.files.wordpress.com/2018/02/4-3_sistemas-de-tratamiento-de-agua-residuales-por-membranas.pdf
61. Pei, Q., Luo, J., & Chen, M. (Febrero de 2019). *ScienceDirect*. Obtenido de
de
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852419316359>
 62. PENTAIR. (2014). *PENTAIR*. Obtenido de PENTAIR:
https://www.pentair.com/content/dam/extranet/pentair/filtration/brochures/42680-s_pentair_freshpoint_rev-c_mr14.pdf
 63. Prashad, J. (28 de julio de 2020). *Humanium*. Obtenido de Humanium:
<https://www.humanium.org/es/la-crisis-de-la-contaminacion-del-agua-de-america-latina-y-sus-efectos-en-la-salud-de-los-ninos/>
 64. Qu, F., Yang, Z., Li, X., Yu, H., Pan, Z., Fan, G., He, J., & Rong, H. (2021a). Membrane fouling control by UV/persulfate in tertiary wastewater treatment with ultrafiltration: A comparison with UV/hydroperoxide and role of free radicals. *Separation and Purification Technology*, 257. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2020.117877>
 65. Qu, F., Yang, Z., Li, X., Yu, H., Pan, Z., Fan, G., He, J., & Rong, H. (2021b). Membrane fouling control by UV / persulfate in tertiary wastewater treatment with ultrafiltration: A comparison with UV / hydroperoxide and role of free radicals. *Separation and Purification Technology*, 257(October 2020), 117877. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2020.117877>
 66. Rodriguez, H. (13 de marzo de 2017). *iAgua*. Obtenido de iAgua:
<https://www.iagua.es/blogs/hector-rodriguez-pimentel/aguas-residuales-y-efectos-contaminantes>
 67. Rubio, A., Chica, E., & Peñuela, G. (03 de agosto de 2013). *Scielo*. Obtenido de Scielo:
https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1980-993X2013000300008
 68. Sambusiti, C., Saadouni, M., Gauchou, V., Segues, B., Leca, M. A., Baldoni-andrey, P., & Jacob, M. (2020). *Revista de ciencia de membranas escala piloto para el tratamiento de aguas residuales de petróleo y gas*. 594. <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2019.117459>
 69. Saniei, N., Ghasemi, N., Zinadini, S., & Ramezani, M. (2020). *Separación y Purificación tecnológica catiónica*. 241. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2020.116646>
 70. Santiago, J., Pineda, K., & Olmo, G. (09 de junio de 2011). *Scielo*. Obtenido de Scielo:
http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-04772011000100004

71. Santra, B., Ramrakhiani, L., Kar, S., & Ghosh, S. (2020). *Ceramic membrane-based ultrafiltration combined with adsorption by waste derived biochar for textile effluent treatment and management of spent biochar*. 2017.
72. Sathya, U., Nithya, M., & Balasubramanian, N. (2019). *Revista de Gestión Ambiental el tratamiento real de aguas residuales textiles*. 246, 768-775. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.06.039>
73. Sheikhi, M., Arzani, M., Mahdavi, H. R., & Mohammadi, T. (2019). Kaolinitic clay-based ceramic microfiltration membrane for oily wastewater treatment: Assessment of coagulant addition. *Ceramics International*, 45(14), 17826-17836. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2019.05.354>
74. Shishegaran, A., Boushehri, A. N., & Ismail, A. F. (2020). Gene expression programming for process parameter optimization during ultrafiltration of surfactant wastewater using hydrophilic polyethersulfone membrane. *Journal of Environmental Management*, 264. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110444>
75. Smedley, T. (7 de julio de 2017). *BBC*. Obtenido de BBC: <https://www.bbc.com/mundo/vert-fut-39699793>
76. Solis, A., Vélez, C., & Ramirez-Navas, J. (Diciembre de 2017). *Scielo*. Obtenido de Scielo: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-83672017000200026
77. Sumisha, A., Arthanareeswaran, G., Thuyavan, Y. L., Ismail, A. F., & Chakraborty, S. (2015). Ecotoxicology and Environmental Safety Treatment of laundry wastewater using polyethersulfone / polyvinylpyrrolidone ultra fi ltration membranes. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2004, 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2015.04.004>
78. Sun, J., Hu, C., Zhao, K., Li, M., Qu, J., & Liu, H. (2018). *Revista de ciencia de membranas de la torta en un reactor de membrana de electrocoagulación / oxidación (ECOMR)*. 550, 72-79. <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2017.12.073>
79. Tang, S., Wu, D., & Qiu, Y. (2020). Separation and Puri fi cation Technology Computation fl uid dynamic simulation and experimental validation of shear induce dissociation coupling ultra fi ltration technology for the treatment of lead contained wastewater. *Separation and Purification Technology*, 241(December 2019), 116750. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2020.116750>

80. Tavangar, T., Jalali, K., Amin, M., Shahmirzadi, A., & Karimi, M. (2019). *Separación y Purificación en tecnología catiónica*. 216, 115-125. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2019.01.070>
81. Tuset, S. (21 de mayo de 2015). *Condorchem Envitech*. Obtenido de Condorchem Envitech: <https://blog.condorchem.com/membranas-tratamiento-aguas-residuales/>
82. Tuset, S. (21 de mayo de 2019). Obtenido de <https://blog.condorchem.com/membranas-tratamiento-aguas-residuales/#ventajas>
83. Tuset, S. (17 de Setiembre de 2019). *Condorchem Envitech*. Obtenido de Condorchem Envitech: <https://blog.condorchem.com/membranas-ceramicas-tratamiento-efluentes/>
84. Tuset, S. (16 de abril de 2020). *Condorchem envitech*. Obtenido de Condorchem envitech: <https://blog.condorchem.com/tratamiento-de-aguas-residuales-tipos-de-membranas-de-filtracion-y-posibles-configuraciones/>
85. UCV. (2017). Obtenido de https://www.ucv.edu.pe/datafiles/FONDO%20EDITORIAL/Manual_ISO.pdf
86. Vasquez, M. (01 de febrero de 2019). *Servindi*. Obtenido de Servindi: <https://www.servindi.org/actualidad-noticias/01/02/2019/agua-y-mineria-la-corrupcion-no-trae-desarrollo>
87. Vatanpour, V., Soroush, S., Khadem, M., Masteri-farahani, M., Ramsey, J. D., Kim, S., & Reza, M. (2020). *Journal of Water Process Engineering Anti-fouling and permeable polyvinyl chloride nanofiltration membranes embedded by hydrophilic graphene quantum dots for dye wastewater treatment*. 38(September).
88. Villavicencio, E., Cuenca, K., Velez, E., Sayago, J., & Cabrera, A. (2016). PASOS PARA LA PLANIFICACIÓN DE UNA INVESTIGACIÓN CLÍNICA.
89. Wang, X., Wang, G., Chen, S., Xinfei, F. De, Quan, X., & Yu, H. (2017). *Integración de membrana de filtración y fotoelectrocatalisis en gC 3 norte 4 / CNTs / Al₂O₃ membrana con respuesta a la luz visible para un mejor tratamiento del agua*. 541, 153-161. <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2017.06.046>
90. Wang, Y., Fortunato, L., Jeong, S., & Leiknes, T. (2017). *Tecnología de separación y purificación*. 184, 26-33. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2017.04.027>
91. Wu, Y., Zhang, Z., He, P., Ren, H., & Wei, N. (2019). Membrane fouling in a hybrid process of enhanced coagulation at high coagulant dosage and cross-flow ultrafiltration for drinking wastewater tertiary treatment.

- Journal of Cleaner Production*, 230, 1027-1035.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.139>
92. Wu, Y., Zhang, Z., He, P., Ren, H., Wei, N., Zhang, F., Cheng, H., & Wang, Q. (2019). Membrane fouling in a hybrid process of enhanced coagulation at high coagulant dosage and cross-flow ultrafiltration for deinking wastewater tertiary treatment. *Journal of Cleaner Production*, 230, 1027-1035. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.139>
93. Yang, L., Wang, Z., Sun, Y., Hu, Z., Zhao, S., Wang, X., & Li, W. (2011). *Desalinización en reactores por lotes (SBR). Parte II: Membrana introducida por retrolavado y enjuague con agua fi proceso de filtración*. 272, 76-84.
<https://doi.org/10.1016/j.desal.2011.01.003>
94. Ye, W., Ye, K., Lin, F., Liu, H., Jiang, M., Wang, J., Liu, R., & Lin, J. (2020). Enhanced fractionation of dye/salt mixtures by tight ultrafiltration membranes via fast bio-inspired co-deposition for sustainable textile wastewater management. *Chemical Engineering Journal*, 379. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2019.122321>
95. Yin, X., Zhang, Z., Ma, H., Venkateswaran, S., & Hsiao, B. S. (2020). Ultra-fine electrospun nanofibrous membranes for multicomponent wastewater treatment: Filtration and adsorption. *Separation and Purification Technology*, 242.
<https://doi.org/10.1016/j.seppur.2020.116794>
96. Yrala, B. (19 de enero de 2018). *Revista Gana más*. Obtenido de Revista Gana más: <https://revistaganamas.com.pe/por-que-el-estado-peruano-deberia-invertir-en-ciencia-y-tecnologia/>
97. Zhang, B., Huang, D., Shen, Y., Yin, W., Gao, X., & C, B. Z. (2020). *Revista de ingeniería química ambiental*. 8.
98. Zhao, J., & Tang, X. (2021). *Un sistema híbrido fototermoquímico solar que utiliza peroxidisulfato para la eliminación de materia orgánica y mejora el rendimiento de la membrana de ultrafiltración en el tratamiento de aguas*. 188, 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.116482>
99. Zhong, H., Wang, H., Tian, Y., Liu, X., Yang, Y., Zhu, L., Yan, S., & Liu, G. (2019). *Tecnología Bioambiental*. 289, 1-9.
<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.121617>
100. Zonglin, S., Yu, F., Li, L., Chengwen, C. De, Yang, J., Wang, C., Pan, Y., & Wang, T. (2019). *Separación y Puri fi tecnología catiónica*. 227. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2019.115695>
101. Zou, D., Chen, X., Qiu, M., Drioli, E., & Yiqun, F. De. (2019). *Tecnología de separación y purificación*. 215, 143-154. 1Zuo, K., Chen, M., Liu, F., Xiao, K., Zuo, J., & Cao, X. (2018). Coupling micro fi ltration membrane with biocathode microbial desalination cell enhances advanced puri fi cation and long-term stability for treatment of domestic wastewater. *Journal of Membrane Science*, 547(October 2017), 34-42.
<https://doi.org/10.1016/j.memsci.2017.10.034>

ANEXOS

Anexo 1: Ficha de recolección de datos

TÍTULO	Revisión sistemática para los usos y aplicaciones de membranas en tratamiento de aguas residuales
ALUMNOS	Saul Enrique Figueroa Panduro Jorge Bruno Peña Chirinos
PROCEDENCIA	Universidad Alas Peruanas
Título	
Autor(es)	
Palabra clave	
Tipo membrana	
Uso	
Limpieza	
Materiales	
Condiciones	
Eliminación	

Anexo 2: Matriz de Tipo de Membranas.

Categoría	Subcategoría	Caracterización de la subcategoría							Unidad de análisis
		Material	Modelo	Duración	Condiciones	Aplicación	Ventajas	Desventajas	
Tipos de materiales	Cerámica	Alúmina tabular (α Al ₂ O ₃)	Tubulares	5 años	Tamaños de poro: 0.05 y 20 μ m	Filtración a temperaturas elevadas, separación de gases	Se pueden utilizar hasta factores de concentración muy altos o en el tratamiento de fluidos viscosos.	El precio ha limitado su expansión, en muchos casos es 10 veces mayor al de las poliméricas.	(Liu et al., 2019); (Deng et al., 2019);(Sambusiti et al., 2020);(Sun et al., 2018,(Zhong et al., 2019));(Zhao & Tang, 2021); (Ochando-Pulido & Martinez-Ferez, 2018);(Zou et al., 2019);(Wu et al., 2019);(Shishegaran et al., 2020);(Isawi, 2019);(Gholami et al., 2020);(Garcia-Ivars et al., 2017);(Chang et al., 2019);(Naddeo et al., 2020)
		carburo de silicio (SiC)			Presión: 10 bar				
					Temperatura: 350°C				
	Polímeros	Celulosa	Espiral	1 año	Tamaños de poro: 0.1 y 20 μ m	Filtración de aire, filtración de disolventes orgánicos	La fortaleza mecánica del material sin sacrificar las características más importantes del polímero, necesarias para funcionar en los procesos de separación	La duración es limitada (aproximadamente un año)	
		Polisulfonas							
		Policarbonatos							
		Poliamida							
	Metálicos	láminas de aluminio o silicio	Espiral	5 años	Tamaños de poro: 0.001 μ m - 1 μ m	Filtración a temperaturas elevadas, separación de gases	La alta estabilidad térmica, mecánica y química.	El precio ha limitado su expansión, en muchos casos es 10 veces mayor al de las poliméricas	
		Grafito	Planas						
Tubulares de acero									

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 3: Matriz de Configuración de Membrana.

Categoría	Subcategoría	Caracterización de la configuración de las membranas						Unidad de análisis
		Diámetro de los canales (mm)	Condiciones	Utilidad	Características	Ventajas	Desventajas	
Configuración de la membrana	Membranas planas	2	Superficie: 100 m ²	En las industria alimenticia y farmacéutica.	Se colocan en capas horizontales	Limpieza química cada tres meses.	Es el número de metros cuadro de membrana por módulo.	<p>(Liu et al., 2019); (Deng et al., 2019);(Sambusiti et al., 2020);(Sun et al., 2018,(Zhong et al., 2019));(Zhao & Tang, 2021); (Ochando-Pulido & Martinez-Ferez, 2018);(Zou et al., 2019);(Wu et al., 2019);(Shishegaran et al., 2020);(Isawi, 2019);(Gholami et al., 2020);(Garcia-lvars et al., 2017);(Chang et al., 2019);(Naddeo et al., 2020);(Qu et al., 2021);(Arefi-Oskoui et al., 2020); (Krahnstöver et al., 2019); (Mouratib et al., 2020); (X. Wang et al., 2017);(Yang et al., 2011);(Zhu et al.,2020);(Zhang et al., 2020);(Ye et al., 2020);(Saniei et al., 2020);(Liyana et al., 2019);(Sathya et al., 2019);(Yin et al., 2020)</p>
			Volumen: 400 m ³		Presentan una baja relación superficie	Esto evita la colmatación de las mismas.		
			Actúa como espaciador		No necesita de contra lavado continuos, al contrario que el resto de membranas.			
	Membranas tubulares	>10	Superficie: 200 m ²	En industria alimentaria y en la del automóvil, ya que este tipo de configuración resulta eficaz para la recogida de líquidos altamente concentrados como pinturas, zumos, etc.	Se colocan en el interior de carcasas cilíndricas	Muy utilizados en sistemas MBR por la firma WV.	Esto genera consumos energéticos muy elevados.	
			Volumen: 300 m ³		El permeado fluye desde el interior hasta el exterior	Permite trabajar con tasas de MLSS muy elevadas, hasta 25 gr/l.		
	Membranas en forma de espira	0,5 - 10	Superficie: 200 m ²	Establecida para industrias en las plantas desaladoras de osmosis inversa, tanto de agua salobre como de agua de mar.	Consiste en enrollar un conjunto de membranas planas separadas entre sí por capas de tejidos de distinta naturaleza que funcionan como transportadores y generadores de turbulencia de las disoluciones de alimentación y permeado.	Tiene bajos costos de capital y operativos y, al mismo tiempo, la membrana en espiral es ideal para aplicaciones de alto flujo.	Este sistema no resulta muy compacto y posee un elevado costo por unidad de área instalada.	
Volumen: 1000 m ³								

	Membranas de fibra hueca	<0,5	Superficie:600 m2	Establecida para industrias indicadas para tratamiento de aguas potables.	Unidad integrada en la que fibras, muy delgadas, se insertan por ambos extremos de un soporte.	Gran eficacia y rendimiento.	Son muy sensibles al ensuciamiento y que la manipulación de los haces de fibras resulta muy delicada.
			Volumen: 1200 m3			Mayor distribución.	
						Área de superficie mayor.	

Fuente: Elaboración propia

Anexo 4: Matriz de Condiciones Operativas.

Categoría	Subcategoría	TIPOS DE MEMBRANAS			Unidad de análisis
		MICROFILTRACIÓN	ULTRAFILTRACIÓN	NANOFILTRACIÓN	
Condiciones Operativas	Presión	0.1 - 5 Bar	1 - 10 Bar	5 - 20 Bar	(Liu et al., 2019); (Deng et al., 2019);(Sambusiti et al., 2020);(Sun et al., 2018,(Zhong et al., 2019));(Zhao & Tang, 2021); (Ochando-Pulido & Martinez-Ferez, 2018);(Zou et al., 2019);(Wu et al., 2019);(Shishegaran et al., 2020);(Isawi, 2019);(Gholami et al., 2020);(Garcia-Ivars et al., 2017);(Chang et al., 2019);(Naddeo et al., 2020);(Qu et al., 2021);(Arefi-Oskoui et al., 2020); (Krahnstöver et al., 2019); (Mouratib et al., 2020); (X. Wang et al., 2017);(Yang et al., 2011);(Zhu et al.,2020);(Zhang et al., 2020);(Ye et al., 2020);(Saniei et al., 2020).;(Liyana et al., 2019);(Sathya et al., 2019);(Yin et al., 2020)
	Diámetro de poro	10µm - 100nm	100nm - 10nm	10nm - 1nm	
	Porosidad superficial	25%-50%	35%-60%	-	
	Densidad de poros superficial (m ⁻²)	10 ⁸ - 10 ¹²	10 ⁹ - 10 ¹²	10 ⁷ - 10 ¹²	
	Espesor (µm)	60	70	80	
	Rango de pH aconsej.	3 - 9.5	3 -10.5	3-10.5	
	Presión máxima con agua (psia)	80-90	80-90	80-91	

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 5: Matriz de Ensuciamiento.

Categoría	Subcategoría	Características				Disminución del Ensuciamiento			Unidad de análisis
		Etapa susceptible	Diferencia de presión	Flujo de permeado	Paso de sales	Limpieza			
Back-washing	relajación de la membrana					Pulso inverso			
Ensuciamiento	Incrustaciones	Última membrana de la última etapa	Aumenta	Disminuye	Aumenta	Consiste de bombeo del permeado en la dirección inversa a través de la membrana.	Consiste en detener la filtración durante un período y, por lo tanto, no hay necesidad de invertir el flujo de permeado	Consiste en de alta frecuencia que resulta en la eliminación eficiente de la capa de suciedad.	Reducción de flujo
	Óxidos metálicos	Primera membrana de la primera etapa	Sin cambios	Sin cambios	Aumenta				
	Coloides	Primera membrana de la primera etapa	Aumenta	Disminuye	Aumenta				
	Orgánicos	Primera membrana de la primera etapa	Sin cambios	Disminuye	Sin cambios				Filtración de flujo cruzado
	Ensuciamiento rápido	Primera membrana de la primera etapa	Sin cambios o aumenta	Disminuye	Sin cambios o aumenta				
	Ensuciamiento lento	En todos los elementos de la instalación	Sin cambios o aumenta	Disminuye	Sin cambios o aumenta				

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 6: Matriz de Eliminación.

Categoría	Subcategoría	Rango (µm)	Unidad de análisis
Partículas eliminadas	Sólidos suspendido	10-10 ³	(Liu et al., 2019); (Deng et al., 2019);(Sambusiti et al., 2020);(Sun et al., 2018,(Zhong et al., 2019));(Zhao & Tang, 2021); (Ochando-Pulido & Martinez-Ferez, 2018);(Zou et al., 2019);(Wu et al., 2019);(Shishegaran et al., 2020);(Isawi, 2019);(Gholami et al., 2020);(Garcia-Ivars et al., 2017);(Chang et al., 2019);(Naddeo et al., 2020);(Qu et al., 2021);(Arefi-Oskoui et al., 2020); (Krahnstöver et al., 2019); (Mouratib et al., 2020); (X. Wang et al., 2017);(Yang et al., 2011);(Zhu et al.,2020);(Zhang et al., 2020);(Ye et al., 2020);(Saniei et al., 2020).;(Liyana et al., 2019);(Sathya et al., 2019);(Yin et al., 2020)
	Levaduras y hongos	1-10.0	
	Células bacterianas	0.3-10	
	Emulsiones de aceite	0.1-10	
	Sólidos coloidales	0.1 - 1	
	Virus	0.003-0.3	
	Proteínas	2.10 ⁻³ - 1.10 ⁻²	
	Enzimas	2.10 ⁻³ - 5.10 ⁻³	
	Antibióticos	6.10 ⁻⁴ - 1,2.10 ⁻³	
	Moléculas orgánicas	4.10 ⁻⁴ - 8.10 ⁻⁴	
	Iones inorgánicos	2.10 ⁻⁴ - 4.10 ⁻⁴	
	Agua	2.10 ⁻⁴	

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 7: Matriz de Operacionalización de Categoría.

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE CATEGORIA					
CATEGORÍA DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	SUB CATEGORÍAS	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Tipos de materiales	Las membranas son barreras físicas semipermeables que separan que impiden el movimiento de las moléculas, de ellas se pueden fabricar de tres tipos de materiales. (Tuset, 2020)	Tienen tres tipos de materiales y esos varían de acuerdo a las propiedades que contengan y la durabilidad.	Cerámica Polímeros Metálicos	(Saniei, y otros, 2020) (Sambusiti et al., 2020) (Liu et al., 2019)	Ordinal
Configuración de membranas	Las membranas quedan ensambladas en unos dispositivos denominados módulos de membrana, que pueden tener diferentes formas en función de la membrana a utilizar y de tipo de aplicación que	Las configuraciones de membranas tienen diferentes formas ya que esto debe al uso y tipo de aplicación que tendrán.	Planas Tubulares En forma de espira De fibra hueca	(Deng et al., 2019)	Ordinal

	vaya a tener. (AEDYR, 2020)				
Condiciones operativas	Son las características que presentan las membranas al momento de su funcionamiento apropiado. (Escobar, y otros)	Características principales que las membranas poseen al momento de ponerlas en marcha y al filtrado de las aguas.	Presión Diámetro de poro Porosidad superficial Densidad de poros superficial Espesor Rango de pH Presión máxima con agua	(Zhao & Tang, 2021)	Ordinal
Ensuciamiento	Acumulación de materia retenida en la superficie o dentro de los poros de la membrana, que causa la pérdida del rendimiento: flujo notablemente más reducido. (PENTAIR, 2014)	Es la acumulación de materia que se llega a retener en las diferentes tipos de membranas.	Incrustaciones Óxidos metálicos Coloides Orgánicos Ensuciamiento rápido Ensuciamiento lento	(Yang et al., 2011) (Zhong et al., 2019)	Ordinal
Partículas eliminadas	Eliminación de sustancias que se mantienen en el agua. (PENTAIR, 2014)	Son las partículas que se eliminan por la funcionalidad que tiene cada tipo de membrana.	Sólidos suspendido Levadura y hongos Células bacterianas Emulsiones de aceite Sólidos coloidales Virus Proteínas Enzimas Antibióticos	(Yin, Zhang, Ma, Venkateswaran, & Hsiao, 2020) (Mouratib, Achiou, El Krati, Alami, & Tahiri, 2020)	Ordinal

			Moléculas orgánicas Iones inorgánicos Agua		
--	--	--	--	--	--

Fuente: Elaboración propia