



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Electrocoagulación para el tratamiento de efluentes de la industria  
textil: Una revisión sistemática y meta-análisis.

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniero Ambiental

**AUTORES:**

Huapaya Huapaya, Fernando Pedro ([orcid.org/0000-0002-3991-389X](https://orcid.org/0000-0002-3991-389X))

Ramirez Roca, Richard ([orcid.org/0000-0002-4916-7245](https://orcid.org/0000-0002-4916-7245))

**ASESOR:**

Dr. Munive Cerron, Ruben Victor ([orcid.org/0000-0001-8951-2499](https://orcid.org/0000-0001-8951-2499))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA - PERÚ

2022

## **Dedicatoria**

A nuestro Creador por permitir que nuestros objetivos se cristalicen día con día y acompañarnos en el camino de nuestras vidas.

A nuestros padres que nos guiaron con su amor, comprensión y esfuerzo; Asimismo, a nuestros amigos por su invaluable colaboración de forma directa e indirecta para culminar de manera exitosa nuestra tesis.

## **Agradecimiento**

Al Creador por concedernos disfrutar del amor y protección de nuestra familia. A nuestros padres que nos formaron en valores para llegar a ser profesionales con sentido ético.

A nuestros maestros por otorgarnos sus enseñanzas y dedicación constante. A nuestros amigos y compañeros por compartir sus experiencias que contribuyeron al desarrollo y logro de esta tesis.

## Índice de contenidos

Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenidos .....	iv
Índice de tablas .....	v
Índice de figuras .....	vi
Resumen .....	viii
Abstract .....	ix
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	5
III. METODOLOGÍA .....	13
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	13
3.2. Variables y operacionalización.....	13
3.3. Población, muestra y muestreo.....	13
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	14
3.5. Procedimiento .....	16
3.6. Método de análisis de los datos .....	20
3.7. Aspectos éticos .....	21
IV. RESULTADOS.....	22
V. DISCUSIÓN .....	70
VI. CONCLUSIONES .....	78
VII. RECOMENDACIONES.....	79
REFERENCIAS.....	80
ANEXOS	

## Índice de tablas

Tabla 1. Instrumentos de recolección de datos .....	15
Tabla 2. Validación de instrumentos .....	15
Tabla 3. Estrategia de búsqueda.....	18
Tabla 4. Calidad metodológica de los estudios seleccionados a través de la escala Newcastle – Ottawa .....	24
Tabla 5. Caracterización de estudios incluidos en la revisión sistemática y meta-análisis .....	27
Tabla 6. Características de la técnica de la electrocoagulación en el tratamiento de efluentes textiles.....	31
Tabla 7. Características del proceso electrocoagulación en el tratamiento de efluentes textiles.....	37
Tabla 8. Porcentaje de remoción de contaminantes de efluentes textiles .....	45
Tabla 9. Principales contaminantes tratados con electrocoagulación presente en los efluentes textiles extraídos de las investigaciones seleccionadas.....	52
Tabla 10. Datos de las investigaciones para la realización del meta-análisis. ....	67

## Índice de figuras

Figura 1. Flujograma del procedimiento. ....	16
Figura 2. Proceso de obtención de investigaciones para el meta análisis. ....	22
Figura 3. Número de artículos por base de datos. ....	23
Figura 4. Tipo de reactor. ....	34
Figura 5. Tipo de conexión. ....	34
Figura 6. Número de electrodos utilizado. ....	35
Figura 7. Material de electrodo más utilizado. ....	35
Figura 8. Distancia entre electrodos. ....	36
Figura 9. Parámetros operativos del proceso de electrocoagulación más evaluado. .....	41
Figura 10. Porcentajes de autores que evaluaron la temperatura en el proceso EC. ....	41
Figura 11. Valores de pH evaluados en el proceso EC. ....	42
Figura 12. Investigaciones que adicionaron electrolitos en el proceso EC. ....	42
Figura 13. Tiempo en minutos utilizado en el proceso EC para el tratamiento de efluentes textiles. ....	43
Figura 14. Voltaje utilizado en el proceso EC para el tratamiento de efluentes textiles. ....	43
Figura 15. Valores de la densidad eléctrica aplicada al proceso EC en las investigaciones seleccionadas. ....	44
Figura 16. Valores de la intensidad eléctrica aplicada al proceso EC en las investigaciones seleccionadas. ....	44
Figura 17. Porcentaje de remoción de DQO (Demanda química de oxígeno). ....	54
Figura 18. Porcentaje de remoción de Color. ....	54
Figura 19. Porcentaje de eliminación de la turbidez. ....	55
Figura 20. Porcentaje de eliminación de SST. ....	55
Figura 21. Relación factor de flujo con porcentajes de remoción. ....	56
Figura 22. Relación tipo de conexión con porcentajes de remoción. ....	57
Figura 23. Porcentaje de remoción de DQO con respecto al material del electrodo. .....	58

Figura 24. Porcentaje de remoción de Color con respecto al material del electrodo. .....	58
Figura 25. Relación número de electrodos con porcentajes de remoción de DQO. .....	59
Figura 26. Relación número de electrodos con porcentajes de remoción de color. .....	60
Figura 27. Relación del pH con los porcentajes de remoción de DQO y color. ....	61
Figura 28. Relación del tiempo con los porcentajes de remoción de DQO y color. .....	62
Figura 29. Relación del voltaje con los porcentajes de remoción de color y DQO. .....	63
Figura 30. Relación de la intensidad de corriente con porcentajes de remoción...63	
Figura 31. Relación de la densidad eléctrica con los porcentajes de remoción. ...64	
Figura 32. Relación entre la concentración inicial y los porcentajes de remoción de turbidez. ....	64
Figura 33. Relación entre la concentración inicial y los porcentajes de remoción de turbidez. ....	65
Figura 34. Relación entre la concentración inicial y los porcentajes de remoción de Color.....	66
Figura 35. Meta-análisis de los tratamientos 1 y 2. ....	67
Figura 36. Porcentaje de eliminación de DQO del tratamiento 1 y 2.....	68
Figura 37. Comparación de la concentración inicial y final de DQO del tratamiento 1 y 2. ....	69

## Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo analizar la evidencia disponible sobre la implementación, operación y eficiencia de la electrocoagulación en el tratamiento de efluentes textiles y realizar un meta-análisis de la influencia del tiempo respecto al porcentaje de remoción de DQO. La metodología fue de enfoque cuantitativo, tipo aplicada y de diseño no experimental. Para el desarrollo de este estudio se recolectó y revisó información de diferentes artículos académicos de bases de datos confiables (Scopus y Web of Science), de los cuales luego de aplicar los criterios de elegibilidad y evaluar los riesgos de sesgo, obtuvimos los datos necesarios para cumplir los objetivos establecidos. Los resultados evidenciaron que las características más influyentes en la eficiencia del proceso de electrocoagulación son el material del electrodo y los parámetros operacionales: el tiempo de proceso y la corriente aplicada, con electrodos de acero y aluminio, un tiempo de promedio de 45 minutos y un voltaje de 18 voltios se logra altos niveles de remoción de DQO (90%) y colorantes (99%). Se concluye que la electrocoagulación aplicada a efluentes textiles en condiciones óptimas de operación es eficiente para remover contaminantes.

**Palabras clave:** Efluentes textiles, industria, aguas residuales, teñido, tratamiento.



## **Abstract**

The objective of this research was to analyze the available evidence on the implementation, operation, and efficiency of electrocoagulation in the treatment of textile effluents and to perform a meta-analysis of the influence of time regarding the percentage of COD removal. The methodology was quantitative approach, applied type and non-experimental design. For the development of this study, information was collected and reviewed from different academic articles from reliable databases (Scopus and Web of Science), from which, after applying the eligibility criteria and evaluating the risks of bias, we obtained the necessary data to meet the established objectives. The results showed that the most influential characteristics in the efficiency of the electrocoagulation process are the electrode material and the operational parameters: the process time and the applied current, with steel and aluminum electrodes, an average time of 45 minutes and a voltage of 18 volts, high levels of COD removal (90%) and colorants (99%) are achieved. It is concluded that electrocoagulation applied to textile effluents under optimal operating conditions is efficient to remove contaminants.

**Keywords:** Textile effluents, industry, wastewater, dyeing, treatment.

## I. INTRODUCCIÓN

En muchos países, la industria textil es una de las actividades de mayor importancia económica que consta de diferentes tipos de procesos de tejido y debido al avance tecnológico se están utilizando nuevos materiales y procesos, generando nuevos contaminantes químicos que ocasionan efectos nocivos en el entorno afectando la salud de los seres vivos (Ozden M. et al., 2019). La industria de teñido de textiles genera entre 200 a 500 litros de aguas residuales por tonelada de producción. Estas aguas se caracterizan por presentar alteraciones en diversos parámetros como el pH, la demanda química de oxígeno (DQO), demanda biológica de oxígeno (DBO), la salinidad, entre otros (Donneys D. et al., 2019).

En el Perú, la industria del tejido genera impactos ambientales negativos en el recurso hídrico, debido a que sus efluentes contienen altas cargas de contaminantes, provocando gran preocupación en el país (Brañez M. et al., 2018). Muchos investigadores han demostrado que la composición de los efluentes de la industria textil tiene grandes concentraciones en materia orgánica, materiales corrosivos, sólidos en suspensión y colorantes entre otros (Khalifah A. et al., 2020). Estos contaminantes contienen altos niveles de colorantes y compuestos tóxicos que no se degradan con facilidad, manifiestan un peligro potencial dado que estos pigmentos son mutagénicos y carcinógenos y representan una peligrosa amenaza para los ecosistemas si no reciben un tratamiento adecuado antes de su descarga a los cuerpos de agua (Nippatlapalli N. y Ligy P., 2020).

Los tintes son uno de los ingredientes importantes en la producción textil, ya que se utilizan para pintar prendas con colores estéticos. Sin embargo, el uso de tintes y su presencia en las aguas residuales de la industria textil suponen una amenaza para el entorno ecológico (Syaamil M. et al., 2020). Las elevadas concentraciones de materia orgánica en las aguas residuales vertidas directamente en los sistemas de agua superficial pueden provocar la pérdida de oxígeno, afectando a un gran porcentaje de los organismos vivos (Al-Qodah Z. et al., 2019).

Los métodos fisicoquímicos más comunes para el tratamiento de materia orgánica de aguas residuales industriales son el biológico y el físico químico; estos métodos de tratamiento deben ser evaluados desde una perspectiva ambiental, desempeño y costos asociados; así se generará el desarrollo de nuevas tecnologías que competirán técnica, ambiental y económicamente con las tecnologías tradicionales (Guillén, et al., 2021).

En los últimos años, se han desarrollado varias técnicas para la eliminación de contaminantes derivados de las aguas residuales textiles, para aminorar su impacto en el entorno, esto ha incluido la adsorción de materias inorgánicas u orgánicas, fotocatalisis y procesos de electrocoagulación, así también se han evaluado combinaciones de estos métodos para mejorar su eficacia (Louhichi B., 2021).

La electrocoagulación ha ganado atención en estos tiempos como un método alternativo en el tratamiento de aguas industriales residuales y ha comenzado a reemplazar a los procesos tradicionales, asimismo se ha complementado con otras técnicas de tratamiento para mejorar su eficiencia (Souza B., 2019). Componentes como el tiempo de tratamiento, la densidad de corriente y el tipo de electrodos utilizados son los diferenciadores fundamentales que distinguen el procesamiento electroquímico de otros procesos (Beytullah E. et al., 2020).

Las ventajas sobre otros métodos radican principalmente en su compatibilidad con el ambiente, bajo costo y su eficiencia energética (Yazici B. et al., 2021). El proceso de electrocoagulación está basado en la aplicación de carga eléctrica sobre los electrodos para desestabilizar las partículas contaminantes de las aguas residuales. Los iones metálicos se liberan después de que el ánodo se disuelve en este proceso, y la eliminación de impurezas se asegura mediante procesos de coagulación, adsorción y precipitación llevados a cabo por los grumos de hidróxido metálico (Demir, Goren, 2019).

Como problema general se planteó la siguiente pregunta: ¿Cómo la electrocoagulación logra reducir la concentración de contaminantes presentes en

los efluentes de la industria textil?, y como problemas específicos: ¿Cuáles son las características de la técnica de la electrocoagulación en el tratamiento del efluente de la industria textil, ¿Cuáles son las características del proceso de la electrocoagulación utilizados para el tratamiento de efluentes de la industria textil?, ¿Cuál es el nivel de remoción de contaminantes de los efluentes textiles mediante la aplicación de la electrocoagulación? y ¿Será posible analizar mediante un meta-análisis la influencia del tiempo en el porcentaje de remoción de DQO del efluente textil?.

Esta investigación se justifica en el aspecto ambiental porque nos muestra un abanico de posibilidades para reducir los contaminantes de las aguas residuales de la industria textil, al reunir valiosa información de las investigaciones para que puedan ser adaptadas y aplicadas en diferentes casos, aminorando los niveles de contaminación de los cuerpos de agua natural y buscando su implementación en un sistema de gestión ecoeficiente. En el aspecto económico luego de transformar toda esta información en una base de datos, se convertiría en un referente importante para la elección de las características del método de electrocoagulación adecuado y más eficiente en un determinado tipo de contaminante y así evitar gastos innecesarios en repetir trabajos experimentales que ya se han elaborado. Contribuirá al esquema social porque a través del presente proyecto se busca mejorar la calidad de vida de la población, al proveer información de métodos de tratamiento de aguas residuales amigables con el entorno. Por último, la metodología utilizada se basa en una serie de revisiones de artículos científicos de distintas bases indexadas, siendo estas fuentes confiables que permiten plasmar los hallazgos más relevantes.

Además, se tiene como objetivo general determinar como la electrocoagulación logra reducir la concentración de contaminantes presentes en los efluentes de la industria textil. Se tiene como objetivos específicos los siguientes: Identificar las características de la técnica de electrocoagulación en el tratamiento del efluente de la industria textil, describir las características del proceso de la electrocoagulación utilizados para el tratamiento de efluentes de la industria textil, determinar el nivel de remoción de contaminantes de los efluentes textiles

mediante la aplicación de la electrocoagulación y por último analizar la influencia del tiempo en el porcentaje de remoción de DQO en efluentes textiles mediante un meta-análisis.

De la misma manera se plantea la hipótesis general: la electrocoagulación reduce la concentración de contaminantes de los efluentes de la industria textil.

## II. MARCO TEÓRICO

La contaminación del agua a causa de los efluentes textiles se debe principalmente a la presencia de tintes o colorantes que se consideran una de las materias primas primordiales y que es un elemento ionizante aromático y coloreado que se une químicamente a los materiales en los cuales se utiliza, son agentes colorantes con diferentes composiciones químicas y se clasifican en grupos, según su estructura en orgánicos e inorgánicos, y por su origen en naturales e industriales (Khalifah A. et al., 2020). Muchos colorantes son peligrosos y tienen el potencial de ser cancerígenos y mutagénicos (Hooshmandfar A. et al., 2020). La mayoría de los colorantes utilizados en la industria textil se conocen como colorantes azo-reactivos y contienen el grupo azo/ceto-hidrazona y debido a la alta estabilidad y su naturaleza xenobiótica no se pueden descomponer fácilmente y persisten durante mucho tiempo (Fikri L. et al., 2019).

Los efluentes textiles, son aguas residuales generadas por las diferentes etapas del proceso textil, principalmente en el área de tintura y estampado, estos efluentes son peligrosos para el ambiente por la presencia de colorantes y diferentes químicos tóxicos, que no son fácilmente degradables con métodos de tratamiento convencionales (Adane T. et al., 2021). Estas aguas residuales son altamente tóxicas y representan una gran carga para los ecosistemas de agua dulce y un riesgo para la población, debido a sus altos valores de DQO, DBO5, TSS y TDS (Zhang et al., 2021).

La reducción de contaminantes de efluentes textiles es la disminución o eliminación de las concentraciones de contaminantes presentes en las aguas residuales originadas en los procesos industriales textiles que contienen diversos productos químicos inorgánicos y orgánicos (Bameri I. et al., 2022). Los Tratamientos de efluentes generalmente se agrupan en físicos, químicos y biológicos. Los procesos de degradación se pueden agrupar en dos categorías: procesos biológicos y químicos. Existe una preferencia en el uso de procesos químicos y de oxidación avanzada cuando el tratamiento biológico no puede eliminar eficazmente los contaminantes de las aguas residuales o cuando estas

contienen componentes que inhiben los procesos biológicos (Yacizi S., 2021). En este aspecto Zhang et al. (2021) evaluaron la aplicación de procesos de oxidación avanzados de Fenton, fotoquímico, ozonización, electroquímica, fotocatalisis, demostrando ser rentable para eliminar los contaminantes de efluentes textiles.

La Electrocoagulación consiste en la generación electroquímica de iones dentro de una solución mediante la aplicación de una corriente eléctrica a través de los electrodos de sacrificio, estos desestabilizan las partículas coloidales mediante la neutralización de cargas, lo que produce la formación de flóculos de mayor tamaño, en los que quedan atrapados los contaminantes. Estos flóculos se pueden separar de la solución por flotación o sedimentación (López et al., 2021). El proceso de la electrocoagulación (EC) se desarrolla principalmente en tres etapas, primero la formación del coagulante en el electrodo ánodo, por oxidación electrolítica del metal. Segundo la desestabilización de los contaminantes y emulsiones y finalmente la generación de flóculos por el agrupamiento de partículas de los contaminantes presentes o adsorción en el flóculo de compuestos que se encuentran en la solución (Guillén et al., 2021).

La electrocoagulación (EC) ha sido aplicada en el tratamiento de diferentes tipos de aguas residuales de proceso, por ejemplo, aguas residuales de galvanoplastia, refinería petrolera, aguas residuales de textiles y teñido, aguas residuales de productos lácteos, aguas residuales de destilería, aguas residuales de lixiviación (Zampeta C., 2022). Por ello, Guillén et al. (2021) trataron el agua residual textil mediante electrocoagulación discontinua. Los resultados indicaron un significativo efecto en 91.43% en DQO en condiciones óptimas. concluyendo que la tecnología de electrocoagulación es una alternativa eficiente para el tratamiento de efluentes textiles.

Las características del reactor para el proceso EC varían según el número y la disposición de los electrodos, tamaño del reactor, tipo de fuente de alimentación entre otros. El mecanismo de reacción del método electroquímico que utiliza electrodos está controlado por el paso de la corriente eléctrica, lo que lleva a la oxidación del material del ánodo y la reducción del material del cátodo (Al-Qodah

Z. et al., 2019). Distintos autores señalan que las características del reactor que más afectan el proceso son el número, tipo de material y separación de electrodos, tiempo de residencia y densidad de corriente. En este sentido, Ghaffarian y Fallah (2019) estimaron la influencia de tres factores operativos del proceso EC y el efecto del material de los electrodos. En condiciones óptimas de los parámetros operacionales se alcanzó una remoción del 83.78% de decoloración y 35.48% en DQO. Concluyendo así que la manipulación de parámetros logra mejorar la efectividad de la EC en aguas residuales textiles.

Según Fikri et al. (2019), valoraron la influencia de la variación en el número de placas de electrodos en un proceso EC, para la reducción de la Demanda química de oxígeno (DQO) en aguas residuales de la industria textil donde obtuvo una remoción máxima de 89.6% con un mayor número de placas de electrodos. Por otro lado, De Maman et al. (2020) evaluó la aplicación de restos de hierro de una fundición como electrodos de un proceso electroquímico empleado en el tratamiento secundario para la eliminación de colorantes textiles en efluentes sintéticos y reales. Los resultados mostraron valores de remoción de color que varía de 68% a 95%, presentando una remoción promedio de 85%.

Los electrodos más usados son de hierro, aluminio, cobre, acero o aleaciones de aluminio y magnesio (Guillén et al., 2021). La distancia de los electrodos es importante en la potencia de la EC porque el campo electrostático depende de la distancia entre el ánodo y el cátodo. Una distancia óptima entre los electrodos proporciona la máxima eficiencia de eliminación de contaminantes. Según Bilinska et al. (2018), compararon la eficiencia de reducción del color y la demanda química de oxígeno (DQO) con el uso de diferentes materiales de electrodos en un proceso EC. Logrando una eficiencia del 90% de remoción de color en 3 minutos para electrodos de hierro y 10 minutos para electrodos de aluminio. Demostrando así que la eficiencia depende también del material de los electrodos.

La distancia mínima entre electrodos proporciona una baja eficiencia de eliminación de contaminantes, por tanto, si mayor es la distancia entre electrodos el movimiento de los iones producidos es más lento y tienen más tiempo para formar



los flóculos necesarios para la coagulación de los contaminantes (Sharma, et al., 2020). El aumento adicional en la distancia entre electrodos, por encima del valor óptimo disminuye la disolución anódica y aumenta la distancia de los iones, lo que conduce a una disminución de la eficiencia del proceso de electrocoagulación (Sen S. et al., 2019). La ubicación de los electrodos puede afectar la eficiencia de eliminación de contaminantes en el proceso EC, debido a que se modifica el potencial de la celda. La velocidad de agitación ayuda a mantener condiciones homogéneas para evitar la formación de pendientes de concentración, la agitación en cada celda imparte el movimiento necesario para la dispersión de los iones producidos en el proceso (Madi K. et al., 2019).

Las características del proceso de electrocoagulación (EC) para el tratamiento de aguas residuales depende de varios parámetros entre ellos está la densidad de corriente, que es la corriente aplicada por área del electrodo, debido a que la eliminación de contaminantes de las aguas residuales depende en gran medida de la cantidad de iones metálicos liberados durante el proceso. Según Genawi et al. (2020) la densidad de corriente es uno de los parámetros operativos más importantes en el proceso de electrocoagulación. Para garantizar una alta eficiencia de corriente, la densidad de corriente debe seleccionarse en función de otros parámetros operativos, como el pH, la temperatura y el caudal (Hooshmandfar A. et al., 2020). La cantidad de iones metálicos liberados durante el proceso depende de la densidad de corriente (Sen S. et al., 2019).

Asimismo el tipo de conexión de los electrodos puede ser monopolar en paralelo (un par de ánodos colocados entre dos cátodos paralelos que están conectados a una fuente de CC), en serie monopolar (un par de ánodos interconectados que no se interconectan con el electrodo externo) y la conexión bipolar en Serie donde no hay conexión eléctrica entre los electrodos internos; solo los electrodos exteriores están conectados por una fuente de alimentación, los cuales son unipolares y los electrodos interiores son bipolares este modo de conexión tiene una configuración simple que facilita el mantenimiento durante la operación (Abdelshafi y Sadik, 2022).

El pH de la solución determina la conductividad de la solución, la disolución del electrodo y la formación de hidróxidos durante la electrocoagulación. Varios estudios experimentales han demostrado que se produce una mayor eficiencia de corriente cuando ocurre en condiciones ácidas o alcalinas que en condiciones neutras. La naturaleza de los contaminantes determina la efectividad de la EC. El pH óptimo para el tratamiento de aguas residuales por electrocoagulación oscila entre 6.5 y 7.5 (Sen S. et al., 2019).

La temperatura afecta significativamente la eficiencia de eliminación de contaminantes y puede tener un efecto positivo o negativo en la coagulación electroquímica, por lo que en un proceso EC realizado a temperatura ambiente, es necesario conocer los factores que provocan el cambio de temperatura durante el proceso. El aumento de temperatura reduce la eficiencia de eliminación de contaminantes al reducir la formación de hidróxidos metálicos. A bajas temperaturas, la eficiencia de eliminación de los contaminantes también es baja debido a la baja tasa de disolución anódica (Sen S. et al., 2019). A mayor concentración de contaminantes no solo se reduce la eficiencia de EC, sino que también aumenta el consumo de energía al aumentar la resistencia y la conductividad de la solución (Chairunnisak A. et al., 2018). La concentración del coagulante metálico residual, así como el pH final de la solución dependen fundamentalmente de la conductividad de la muestra (Sen S. et al., 2019). También se ha demostrado que el desgaste de electrodos es producido por la corriente aplicada (amperaje) y por el tiempo que estos permanecen en contacto con el agua residual en la celda de electrocoagulación (Million E. et al., 2021).

En el caso del tiempo de reacción este es considerado por muchos autores como uno de los principales parámetros para las reacciones químicas en el proceso EC. Además, un adecuado manejo del tiempo influye en la disminución de costos, así como aumenta tanto el rendimiento como la factibilidad de los procesos (Behnaz et al., 2018). Con relación a esto, Elhafdi et al. (2019) evaluaron las condiciones adecuadas que puedan mejorar el desempeño de la electrocoagulación en un ambiente industrial, los resultados mostraron la remoción del 80% en DQO y color. La investigación demostró que la EC puede lograr grandes porcentajes de remoción

en un ambiente industrial textil real. De forma similar, Khalifah A. et al. (2020). examinaron la idoneidad de la electrocoagulación para la eliminación de tintes textiles (colorante verde brillante) de los efluentes. Los resultados demostraron que manipulando los valores del pH se logró obtener una remoción de 97.6 % a pH 4 y solo el 70.1 % a pH 10. Además, obtuvo un 99.8% a 732 mA y 88% a 244 mA de remoción de DQO, se demostró que la eliminación de la DQO es inversamente proporcional con el valor de pH y directamente proporcional con la corriente aplicada.

Así también, Demirci y Ozbeyaz (2019) estimaron el impacto del control de la temperatura sobre las eficiencias de los tratamientos de aguas residuales de la industria textil. Logrando una remoción de la turbidez, color y DQO fueron 88.3%, 82.9% y 71.8%, respectivamente con el control de la temperatura y la conductividad, demostró que este control ayuda a mejorar la eficiencia del proceso EC de tratamiento de aguas residuales textiles. De igual manera, Cestarolli et al. (2020) estudiaron la influencia de los parámetros, pH, el tiempo y el potencial aplicado para la eliminación del colorante Negro Eriocromo mediante la electrocoagulación, alcanzando valores de 98.5% en 60 min, a una intensidad de 7.0 v, no se puede observar una mejora a mayor voltaje o tiempo. valores más altos de pH, no mejoran la eficiencia de la decoloración.

La eficiencia del proceso de electrocoagulación en comparación con los métodos de tratamiento más usados son las altas tasas de remoción a menor costo de operación, simplicidad de los equipos requeridos y facilidad para manipular el proceso. Por lo tanto, a través de este proceso, la necesidad de adicionar productos químicos y la producción de lodos se reducen grandemente (Al-Qodah Z. et al., 2019). Es fundamental obtener información sobre las características fisicoquímicas de los lodos formados para proponer su adecuada disposición o reutilización. (Afanga H. et al., 2020). La técnica EC presenta una mayor eficacia en condiciones óptimas y esto se logra al manipular los parámetros operacionales como la concentración del contaminante, temperatura, densidad de corriente, tiempo, material del electrodo, etc. Asimismo, la coagulación/floculación es un método de tratamiento efectivo para eliminar tintes dispersos a un bajo costo inicial. Sin

embargo, no es muy eficiente contra colorantes altamente solubles, reactivos, azoicos, ácidos y básicos, y puede generar una gran cantidad de lodo como resultado del consumo del coagulante (Zhang Y. et al., 2021).

En relación con esto, Ulucan et al. (2020) trataron las aguas residuales de tintorería, con métodos de coagulación química, electrocoagulación, Fenton y electro Fenton, para determinar las eficiencias de remoción de DQO y TOC, para determinar la cantidad de lodos que se generan. Como resultado alcanzó hasta un 42% de remoción de DQO con electrocoagulación el cual demostró ser eficaz en la eliminación de DQO. Por otro lado, Suresh et al. (2019) analizaron la decoloración del rojo Congo a partir de una solución acuosa añadiendo polvo de semilla de maíz como coagulante en el proceso EC, logrando un gran porcentaje de remoción sin embargo el aumento de la concentración de tinte disminuye la eficiencia de decoloración del 71.20 % al 32.01%. En ausencia de coadyuvante coagulante, la eficiencia disminuye del 65% al 32.01%.

Para el caso de la eficiencia EC, Butler et al. (2017) evaluaron la eficiencia de la electrocoagulación agregando un coagulante químico para eliminar el color del tinte textil en efluentes de la industria textil, variando seis parámetros (tipo de colorante, peso, coagulante, dosis, pH inicial y densidad de corriente), logrando una decoloración de 99.42% en 30 minutos de tratamiento. De forma similar, Demir y Goren (2019) estudiaron el tratamiento de aguas residuales reales de la industria textil mediante métodos electrocoagulación y electrooxidación, se obtuvo resultados de 88% y 92% en remoción de DQO respectivamente. Al igual que, Donneys et al. (2018) evaluaron la técnica de la electrocoagulación para remover soluciones sintéticas de índigo carmín utilizando ánodos de aleación AZ31 y magnesio logrando porcentajes de remoción cercanos al 100% en color, 88% en DQO y 99% en color, 84% en DQO respectivamente, demostrando que es una buena opción para remover contaminantes de los efluentes textiles.

Asimismo, Tanveer et al. (2022) evaluaron la eficiencia integrada de la electrocoagulación con otros procesos de tratamiento de aguas residuales de la industria textil, teniendo como resultado una decoloración completa y eliminación

de DQO en 99.7%. Igualmente, Pavón et al. (2019) evaluaron la potencia de un sistema fotovoltaico en un reactor para un proceso EC, en el tratamiento de aguas residuales, utilizando una muestra sintética de efluentes con colorante amarillo remazol 3GL (RYD), que es utilizado en la industria textil, logrando una eficiencia de remoción de 70%. Finalmente, Tchamango et al. (2017) aplicaron la técnica de electrocoagulación y coagulación química en aguas residuales de una fábrica textil y comparó su eficiencia, logrando niveles de remoción de DQO 58.86%, fósforo total 94.44% y turbidez en 97.81% demostrando que la electrocoagulación es la mejor opción para lograr mejores resultados y menor daño al ambiente.

Una revisión sistemática es una recopilación estructurada de la información en la investigación y se caracteriza por una descripción del proceso de desarrollo de recopilación, selección y evaluación de la investigación sobre el objeto de investigación (Moreno et al., 2018).

El método de evaluación sistemática que utilizan los usuarios de la literatura indexada ya sea académica o científica, les permite realizar un mayor análisis objetivo, estadístico sobre la información significativa. Un metaanálisis es un estudio que posibilita el análisis de investigaciones, su valoración y reconocimiento, este método de distinción inicia con la búsqueda, segregación y análisis estructurado de evidencia para asegurar su validez y mayor objetividad en el tema de investigación (Sandoya, 2008).

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo y diseño de investigación**

La investigación fue de enfoque cuantitativo, ya que utilizó la recolección y análisis de datos para resolver las interrogantes de investigación y probar las hipótesis formuladas Ñaupas et al. (2018) y del tipo aplicada, debido a que se realizó a partir de investigaciones aplicadas, con el propósito de obtener resultados en función del planteamiento de problemas e hipótesis que solucionen la problemática Ñaupas et al. (2018), de las aguas residuales contaminadas producidas en la industria textil.

Asimismo, la investigación fue de diseño no experimental transversal, de nivel descriptivo según Hernández y Mendoza (2018) mencionan que el diseño de investigación transversal se recopila en un momento o periodo específico, con finalidad de detallar variables y analizar su interrelación en un momento determinado.

#### **3.2. Variables y operacionalización**

La presente investigación trabajó con variables dependiente e independiente, como variable independiente a la electrocoagulación y como variable dependiente la reducción de los contaminantes del efluente de la industria textil. La definición conceptual y operacional de las variables se presentan en el Anexo N° 1.

#### **3.3. Población, muestra y muestreo**

La población es el conjunto de elementos con las características que se quieren estudiar en un estudio cuantificable (Ñaupas et al., 2018), por ello esta investigación utilizó una población conformada por artículos científicos de las bases de datos: Scopus, Web of Science, publicadas desde el 2012 hasta el 2022 y en idioma inglés. Que tengan relación a la electrocoagulación en tratamiento de efluentes de la industria textil.

La muestra como menciona Hernández y Mendoza (2018), es parte de la población, la cual la va a representar y a partir de este, se trabaja con la finalidad de obtener resultados más eficientes. En la presente investigación se trabajó con artículos científicos seleccionados sobre la electrocoagulación como tratamiento de efluentes textiles que cumplirán con los criterios de inclusión de acuerdo con la escala Newcastle Ottawa, que será adaptada para cumplir con el criterio ambiental.

Muestreo: se realizó un muestreo no probabilístico con criterios de elección relacionadas con las características y el contexto de la investigación según Ñaupas et al. (2018), considera que el investigador selecciona de forma específica las unidades incluidas en la muestra con la que va a trabajar su investigación, por el cual la presente investigación es la electrocoagulación en tratamiento de los efluentes de la industria textil. Artículos publicados con enfoque cuantitativo, cualitativo y mixto.

La unidad de análisis se consideró cada artículo científico recolectado de revistas indexadas cuyas características deben ser uniformes y coherentes al enfoque que se requiere en la investigación, cualidades que cumplan con los instrumentos para medir las variables de la investigación, que en el presente proyecto será en base a las variables de electrocoagulación y efluentes de la industria textil.

#### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

La técnica fue el método de análisis de documentos extraídos de las diferentes plataformas de las que haremos uso para cumplir el objetivo de la presente investigación. El Instrumento para la recolección de datos fueron fichas de datos que permitan, mediante los criterios de inclusión y exclusión, recabar la información de los indicadores para su posterior análisis y procesamiento (Moher, et al., 2019). Las fichas se muestran en la tabla 1.

*Tabla 1. Instrumentos de recolección de datos*

Técnica	Instrumentos de recolección de datos
Análisis de documentos	Ficha N°1: Características de la técnica de la electrocoagulación en el tratamiento de efluentes textiles. Anexo N° 3
	Ficha N°2: Características del proceso electrocoagulación en el tratamiento de efluentes textiles. Anexo N° 4
	Ficha N°3: Porcentaje de remoción de contaminantes de efluentes textiles. Anexo N° 5

Dichos instrumentos, fueron validados mediante el criterio de juicio de expertos para lo cual se solicitó el apoyo a cinco docentes de la Universidad César Vallejo, como se detalla en la tabla 2, donde se presentan los datos de validación obtenidos. Los instrumentos se presentan en el Anexo N° 6.

*Tabla 2. Validación de instrumentos*

Apellidos y Nombres	CIP	I1	I2	I3	% de Valides	Promedio de Validez
Gianmarco Jorge Mendoza Mogollón	200348	90%	90%	90%	90%	88%
Juan Julio Ordoñez Galvez	89772	90%	90%	90%	90%	
Eusterio Horacio Acosta Suasnabar	25450	85%	85%	85%	85%	
Luis Fermín Holguín Aranda	111611	85%	85%	85%	85%	
María del Carmen, Aylas Humareda	55149	90%	90%	90%	90%	



### 3.5. Procedimiento

El procedimiento de esta investigación se muestra en la figura 1.

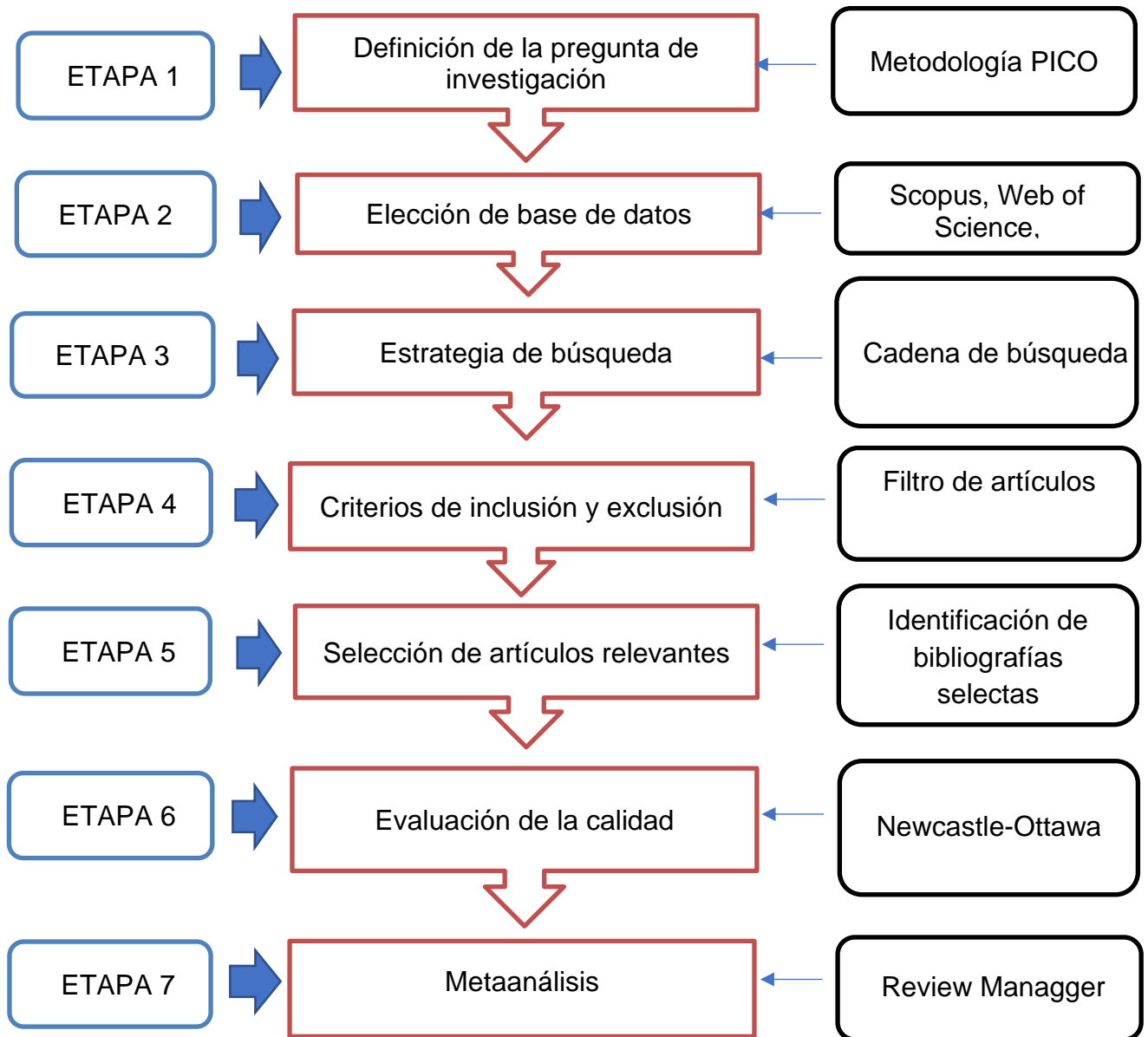


Figura 1. Flujograma del procedimiento.

## **Etapas 1. Definición de la pregunta de investigación**

Mediante la metodología PICO, se planteó una pregunta relevante concisa, clara y enfocada de acuerdo con una problemática general observada que se considera importante de acuerdo con lo siguiente:

P: Efluentes de la industria textil.

I: Uso de la electrocoagulación en efluentes textiles.

C: Sin uso de la electrocoagulación en efluentes textiles.

O: Remoción de contaminantes.

## **Etapas 2. Elegir base de datos**

Para este trabajo se seleccionó las fuentes de información más relevantes como Scopus y Web of Science, que son base de datos que indexan a las revistas y nos brindan garantía de calidad debido a que sus publicaciones han pasado por filtros más estrictos que otras fuentes.

## **Etapas 3. Definir estrategia de búsqueda**

Para desarrollar el proyecto de investigación se realizó una búsqueda sistemática eficiente, para esto se planificó un diseño de búsqueda en el que se utilizaron palabras claves como **textile effluents, industry, wastewater, dyeing, treatment, electrocoagulation, electro-coagulation, electrochemical EC process removal**, donde se obtuvieron los documentos bases para el desarrollo de la investigación, las palabras de búsqueda se incluyeron tanto en el título, resumen y palabras clave, además fueron combinadas con los operadores booleanos “AND” y “OR” con el objetivo de determinar los artículos relevantes conforme al problema abordado. La cadena de búsqueda se utilizará en las bases de datos elegidas (Scopus y WoS) como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Estrategia de búsqueda

Estrategia de búsqueda		
Base de datos	Scopus	Web of Science
Cadena de búsqueda	("textile effluents" or "textile industry" or "textile industry effluent*" or "textile wastewater" or "textile dyeing wastewater" or textile) and (Electrocoagulation or "electro coagulation" or electrocoagulation or "electrochemical coagulation" or "EC process")	("textile effluents" or "textile industry" or "textile industry effluent*" or "textile wastewater" or "textile dyeing wastewater" or textile) and (Electrocoagulation or "electro coagulation" or electrocoagulation or "electrochemical coagulation" or "EC process")
Antigüedad	2012 hasta 2022	2012 hasta 2022
Palabras clave	electrocoagulation, EC process, electrochemical, removal, wastewater, textile, industry, effluent, treatment,	electrocoagulation, EC process, electrochemical, removal, wastewater, textile, industry, effluent, treatment,

#### Etapa 4. Planificar criterios de inclusión y exclusión

Se establecieron los criterios de elegibilidad para definir los artículos que dieron respuesta a los problemas específicos planteados y así cumplir los objetivos propuestos, solo se incluyeron los artículos relacionados a la aplicación de la electrocoagulación en efluentes textiles, se admitieron solo artículos científicos no mayor a 10 años de antigüedad desde su publicación y solo se tomó en cuenta publicaciones de artículos científicos indexados, de preferencia en idioma inglés. Se excluyeron las publicaciones que no tuvieron relevancia para el cumplimiento de los objetivos.

#### Etapa 5. Selección de artículos relevantes

Los artículos seleccionados que cumplieron con los criterios de inclusión y exclusión se revisaron íntegramente, con el fin de analizar de manera meticulosa

su contenido y así obtener la fiabilidad de los datos de cada estudio. Finalmente, las investigaciones que tuvieron información relevante fueron seleccionados y se procedió a extraer los datos finales de acuerdo con los indicadores planteados en la matriz de operacionalización de variables los cuales fueron analizados y procesados para poder responder a cada uno de los objetivos planteados, no se tomaron en cuenta los estudios que no contenían datos con aportes significativos.

## **Etapa 6. Evaluación de la calidad**

La calidad de la metodología se evaluó mediante la escala llamada Newcastle-Ottawa y se midió en función de tres categorías: selección, comparabilidad y resultado, para evitar el posible sesgo y para evaluar la calidad metodológica de los artículos que tienen relevancia para cumplir los objetivos propuestos, estos documentos fueron analizados por los integrantes del presente trabajo. La evaluación se realizó mediante la lista de verificación Newcastle – Ottawa (NOS), el cual hace referencia a la representatividad y exposición. La representatividad nos manifiesta si la muestra representa verdaderamente a celdas de electrocoagulación para el tratamiento de efluentes textiles, mientras que la exposición evaluó las principales características del proceso de la electrocoagulación aplicada como tratamiento de efluentes textiles (pH, temperatura, intensidad de corriente, tiempo de reacción).

Posteriormente, los resultados mostraron el porcentaje de reducción de concentración de contaminantes presentes en los efluentes textiles en condiciones operacionales con mayor eficiencia.

## **Descripción de estudios**

En cada estudio se identificó los datos de la variable independiente (características físicas de la electrocoagulación y de su proceso operativo) y los resultados de la variable dependiente (concentración inicial, final y porcentaje de remoción) en las aguas residuales textiles. Para el presente estudio los datos seleccionados se resumieron en 3 tablas con la siguiente información:

- Características de la electrocoagulación en aguas residuales textiles.
- Características de los parámetros de operación de la electrocoagulación en aguas residuales textiles.
- Porcentaje de remoción de contaminantes mediante electrocoagulación en efluentes textiles.

### **3.6. Método de análisis de los datos**

Este proyecto fue sometido a estadística descriptiva a través de tablas, gráficos y estadística inferencial para la verificación de la hipótesis de investigación utilizando el programa Review Manager, software estadístico desarrollado por Cochrane para la ejecución de revisiones sistemáticas. Los datos que se analizaron en el software fueron dicotómicos, los cuales fueron comparados antes con la razón de momio (Odds Ratio) con intervalos de confianza del 95%.

Igualmente, se evaluó la heterogeneidad de los artículos por medio del análisis visual de los diagramas de bosques, que evidencia la superposición de los intervalos de confianza. El grado de homogeneidad se realizó mediante la prueba de chi-cuadrado, y proseguir con el cálculo del grado de heterogeneidad con la prueba de I<sup>2</sup>, siendo valores de 25%, 50% y 75%; los niveles bajos, medios y altos, respectivamente.

De igual modo, se verificó la existencia de algún error de asignación de datos en el programa utilizado, se presentaron niveles medios de heterogeneidad, no fue necesario cambiar el modelo de efectos fijos al aleatorio, dado que los datos obtenidos tienen un enfoque ambiental y se trabajó con diversas condiciones operacionales de electrocoagulación para el tratamiento de aguas residuales textiles.

### **3.7. Aspectos éticos**

La investigación se realizó de acuerdo con los procedimientos establecidos, por el consejo universitario N°0216/2017-UCV donde se detallan los lineamientos de ética, asimismo se respetará la propiedad intelectual de los autores siendo referenciados y correctamente citados. Es importante tener en cuenta que la responsabilidad es del investigador, quien es el protagonista de todas las actividades académicas y de sus contenidos.

Esta investigación responde a las necesidades de la sociedad y de nuestro país según la Ley Universitaria 30220, ya que existe una serie de reglamentos y normas que regulan las buenas prácticas y fomentan los principios éticos para garantizar bienestar, autonomía, responsabilidad y honestidad en el manejo de la información, procesamiento, interpretación de esta investigación.

Dentro de los criterios nacionales sabedores que el plagio es un delito, se cita correctamente las fuentes de consulta como exige la Universidad César Vallejo siguiendo estrictamente los lineamientos de la norma ISO 690, utilizando el programa de evaluación de trabajo de investigación TURNITIN; el cual es un software especializado para detectar el porcentaje de similitud de las investigaciones y verificar su autenticidad, cumpliendo así los principios éticos de la autonomía de la investigación científica, y garantizando la ausencia de duplicación.

#### IV. RESULTADOS

El flujograma del proceso de selección de las investigaciones que se consideraron para la revisión sistemática en esta investigación se muestra en la figura 2.

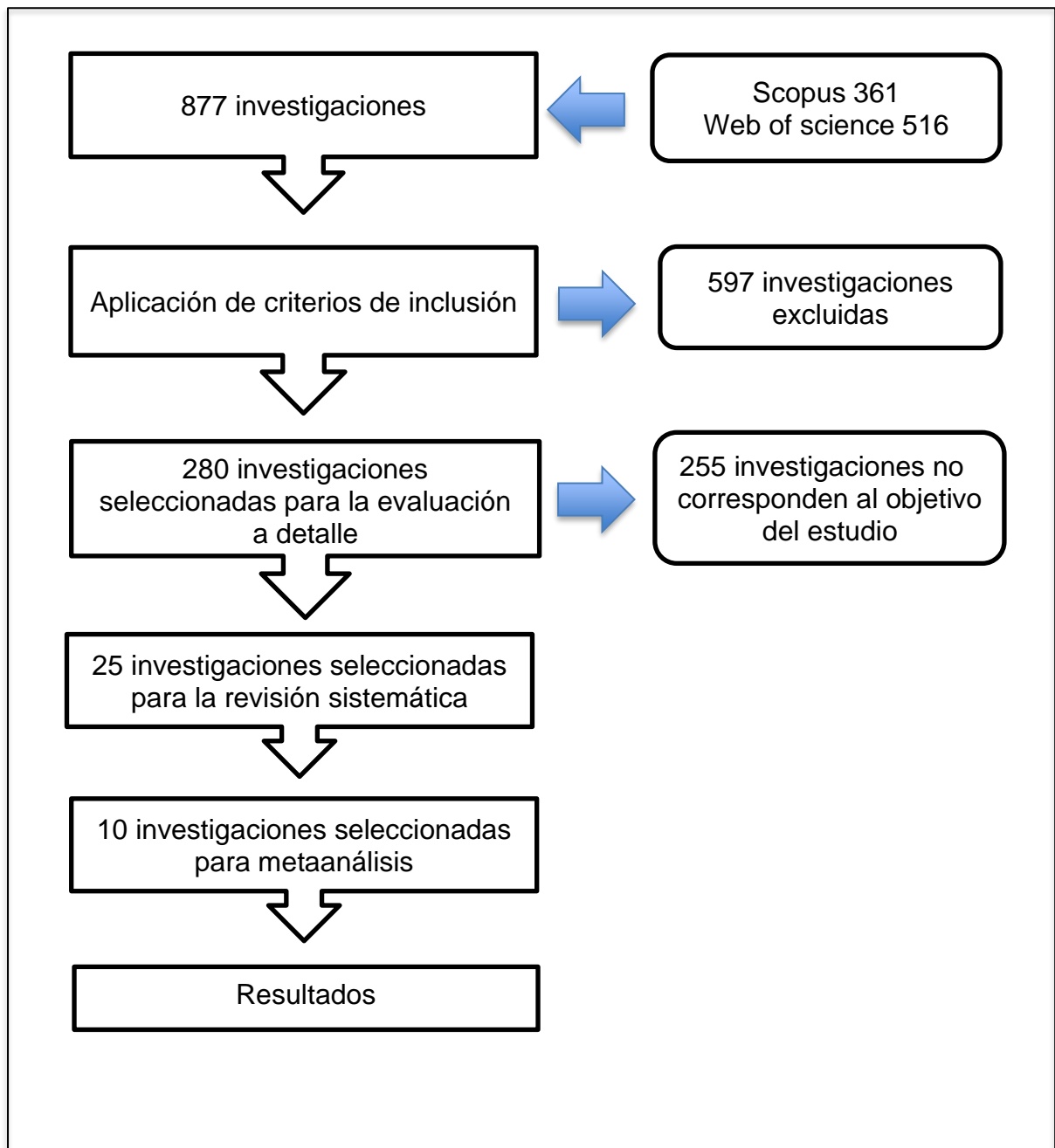
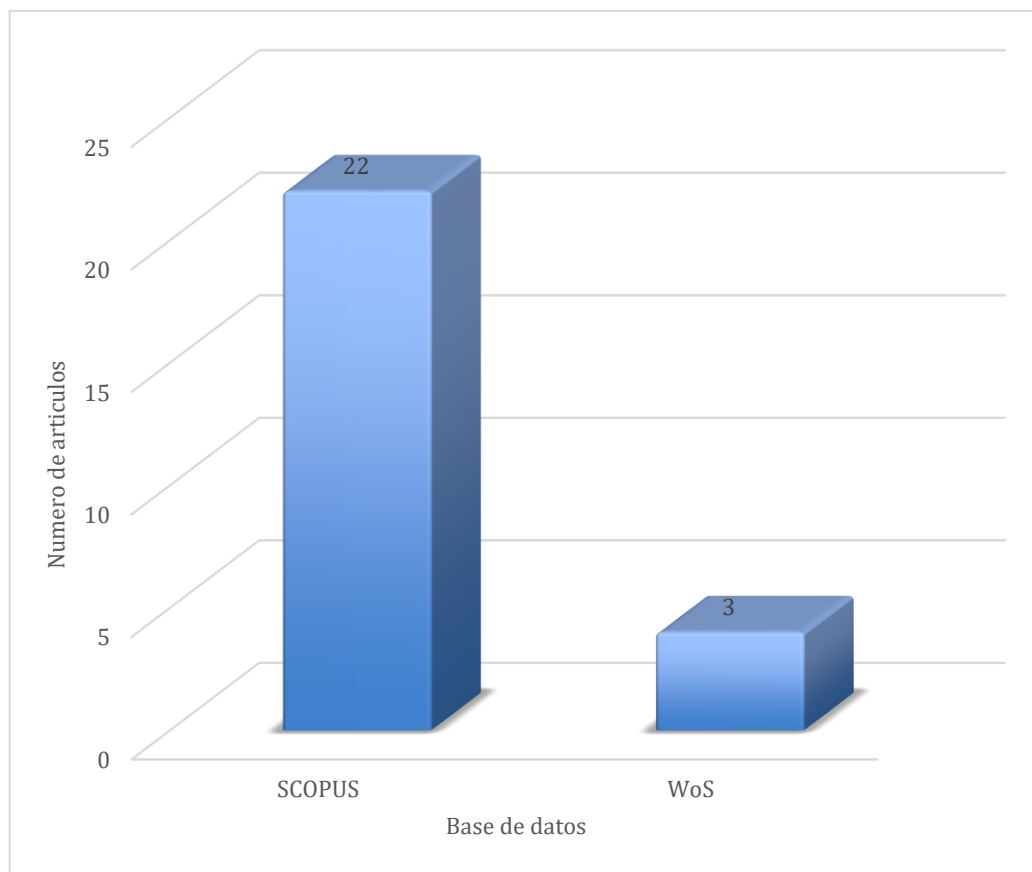


Figura 2. Proceso de obtención de investigaciones para el meta análisis.

En la figura 2, se observó al inicio se obtuvieron 877 investigaciones a partir de las bases de datos Scopus y Web of science. Luego, aplicando los criterios de inclusión y exclusión resultaron 280 investigaciones, donde se excluyó 597. Continuando con el proceso de las 280 investigaciones que fueron evaluadas nuevamente y teniendo en cuenta el documento completo, se excluyó 255 investigaciones.

Los criterios de exclusión fueron: Datos insuficientes (n=229), aplicación de la técnica de la electrocoagulación aplicada juntamente con otras técnicas (n=26). Finalmente, se obtuvieron un total de 25 investigaciones para realizar el presente estudio.

En la figura 3, se muestra que 22 artículos seleccionados fueron de la base de datos Scopus y 3 de Web of science.



*Figura 3. Número de artículos por base de datos.*



Tabla 4. Calidad metodológica de los estudios seleccionados a través de la escala Newcastle – Ottawa

		Escala de Newcastle - Ottawa								Total
		Selección				Comparabilidad		Resultado		
		Representatividad	Corte de estudio	Exposición	Validez	Controles primarios	Controles secundarios	Evaluación del resultado	Seguimiento	
1	Abdelshafi y Sadik (2022)	★	★	★	★	★	★	★	★	8★
2	Asfahaa Y. et al (2022)	★	★	★	★	★	★	★	★	8★
3	Boulbaba L. et al (2022)	★	★	★	★	★		★	★	7★
4	Gasmi A. et al (2022)	★	★	★	★	★	★	★	★	8★
5	Karthikeyan y Vijayachitra (2022)	★	★	★	★	★	★	★	★	8★
6	Rezagama A. et al (2022)	★	★	★	★	★	★	★	★	8★
7	Tibebe D. et al (2022)	★	★	★	★	★	★	★	★	8★
8	Alagesan J. et al (2021)	★	★	★	★	★	★	★	★	8★
9	Sutanto et al (2021)	★	★	★	★	★	★	★	★	8★

10	Elhafdi M. et al (2020)	☆	☆	☆	☆	☆		☆	☆	7☆
11	Gusa R. et al (2020)	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	8☆
12	Hanumanthappa S. et al (2020)	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	8☆
13	Khalifah A. et al (2020)	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	8☆
14	Mohammed A. et al (2020)	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	8☆
15	Nguyen Q. et al (2020)	☆	☆	☆	☆	☆		☆	☆	7☆
16	Palanisamy S. et al (2020)	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	8☆
17	Putra R. et al (2020)	☆	☆	☆	☆	☆		☆	☆	7☆
18	Donneys, Dayana et al (2019)	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	8☆
19	Fikri E. et al (2019)	☆	☆	☆	☆	☆		☆	☆	7☆
20	Gohil y Makwana (2019)	☆	☆	☆	☆	☆		☆	☆	7☆
21	Ilhan F. et al (2019)	☆	☆	☆	☆	☆		☆	☆	7☆
22	Nasr F. et al (2019)	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	8☆
23	Singh G. et al. (2019)	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	8☆

24	Ahmed S. et al. (2018)	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	8☆
25	Pirkarami A. y Mohammad O. (2017)	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	8☆

En la tabla 4 se muestran la calidad metodológica de los estudios seleccionados a través de los siguientes criterios:

**Representatividad:** La muestra realmente representa a los efluentes textiles contaminados, **Corte de estudios:** corresponde al corte de estudios de enero 2017 a setiembre 2022, **Exposición:** evalúa si las concentraciones iniciales de los parámetros de los efluentes textiles contaminados fueron descritas, y si la aplicación de electrocoagulación fue eficiente para disminuir los contaminantes, **Validez:** Demostración que los autores no tenían el resultado antes de haber iniciado el estudio, **Controles primarios:** Existe comparación de diferentes muestras basados en reducir un contaminante principal, **Controles secundarios:** Existe comparación de diferentes muestras basados en reducir también contaminantes secundarios, **Evaluación del resultado:** Indica si las concentraciones iniciales de los contaminantes primarios (y secundarios) fueron disminuidos de manera significativa y **Seguimiento:** si realiza una evaluación de los efluentes contaminados pre y post aplicación de electrocoagulación.

En la tabla 5, se muestra la lista de los artículos científicos incluidos en la revisión sistemática, se puede observar que, de las 25 investigaciones, 22 han sido recopiladas de la base de datos Scopus y 3 de Web of science.

*Tabla 5. Caracterización de estudios incluidos en la revisión sistemática y meta-análisis*

<b>Autor</b>	<b>País</b>	<b>Año</b>	<b>Base de datos</b>	<b>Conclusiones</b>
Abdelshafi y Sadik	Egipto	2021	Scopus	Teniendo en cuenta los beneficios de la electrocoagulación para el tratamiento de efluentes textiles, reduce los costos adicionales involucrados para el proceso de tratamiento en este sector.
Asfaha Y. et al.	Etiopía	2022	Scopus	Los resultados indican que la tecnología EC es una tecnología prometedora para el tratamiento de aguas residuales generadas por la industria textil.
Boulbaba L. et al	Túnez	2022	Web of Science	Se logró eliminar el color y degradar la DQO de efluentes textiles más del 80 %. Demostrando que el proceso es adecuado para tratar los efluentes textiles.
Gasmi A. et al.	Túnez	2022	Scopus	Los resultados destacan la aplicabilidad del proceso de tratamiento EC en el tratamiento de aguas residuales textiles reales especialmente los relacionados con la eliminación de DQO.
Karthikeyan y Vijayachitra	India	2021	Scopus	La gran viabilidad técnica de la electrocoagulación lo convierte en una técnica fiable y prometedora para optimizar la remoción de color, la turbidez y el pH de ambientes industriales y textiles
Rezagama A. et al	Indonesia	2022	Web of Science	La eficiencia de remoción de color óptima de los residuos textiles sintéticos se encuentra en el tratamiento por el método de electrocoagulación con configuración de electrodo Fe-Fe.

Tibebe D. et al.	Etiopía	2022	Scopus	Se obtuvieron buenos resultados en los tratamientos y de aguas residuales industriales por técnicas de electrocoagulación para la remoción de indicadores de calidad fisicoquímicos en efluentes textiles.
Alagesan J. et al	India	2021	Scopus	Los resultados confirmaron que la decoloración electroquímica se incrementa con el aumento de la concentración del tinte y la velocidad de flujo.
Sutanto et al	Indonesia	2021	Scopus	El voltaje y distancia del electrodo afecta el proceso EC. Los resultados de este estudio mostraron en la reducción de DQO en 91,80% y TSS disminuyó 87.83%.
Elhafdi M. et al	Marruecos	2020	Scopus	El análisis realizado por ICP mostró que el agua tratada con EC está de acuerdo con los estándares nacionales.
Gusa R. et al	Indonesia	2020	Scopus	Se demostró que si más electrodos se utilizan en el proceso de electrocoagulación, menor es el valor de TDS, el pH y el nivel de turbidez de las aguas residuales textiles
Hanumanthappa S. et al	India	2020	Web of Science	Se utilizaron dieciséis combinaciones de electrodos de Cu y SS para el tratamiento de aguas residuales textiles reales. mostrando un buen potencial para eliminar la DQO, el color y otros parámetros.
Khalifah A. et al	Reino Unido	2020	Scopus	La EC ha demostrado ser una alternativa eficiente a los métodos convencionales. utilizando electrodos de aluminio dio como resultado una eliminación del 95,3 % del tinte BG en 30 minutos.

Mohammed A. et al	Irak	2020	Scopus	Los resultados mostraron que el tiempo y la densidad de corriente son los parámetros más importantes que afectan el rendimiento sistema de electrocoagulación.
Nguyen Q. et al	Japón	2020	Scopus	Los resultados demuestran que la utilización de energía NSP reduce la SEC en al menos un 24 % en comparación con la utilización de energía CC.
Palanisamy S. et al	India	2020	Scopus	La alta concentración de colorante presente en la solución afecta el proceso de EC aun así se consiguieron resultados positivos en los efluentes textiles y eliminación de color.
Putra R. et al (2020)	Indonesia	2020	Scopus	Se identifico la mayor efectividad del tratamiento en efluentes textiles cuando se complementa con el tratamiento de fito-remediación asistida.
Donneys, Dayana et al.	Colombia	2019	Scopus	Se evidencio la viabilidad del empleo del magnesio como ánodo de sacrificio logrando un 99% de eliminación del color, y 84% en DQO a asimismo se alcanzó un bajo consumo eléctrico acumulado.
Fikri E. et al	Indonesia	2019	Scopus	Se redujo la DQO en un 97%, remoción máxima que fue alcanzada con 4 electrodos de aluminio, en los experimentos con más número de electrodos (6-8) la eficiencia mejoró considerablemente.
Gohil y Makwana	India	2019	Scopus	Se estudió el efecto de la densidad de corriente para la eliminación de la turbidez en el proceso (EC), resultando una proporción inversa entre el tiempo y la densidad de corriente para eliminación de la turbidez.
Ilhan F. et al.	Turquía	2019	Scopus	Se comparó el proceso de electrocoagulación y el electrofenton, se utilizó cuatro electrodos de Fe-Fe conectados en paralelo para optimizar el

				proceso, obteniéndose un mejor grado de eliminación de la turbidez y disminución del DQO en el proceso de electrofenton.
Nasr F. et al.	Egipto	2019	Scopus	La aplicación de la electrocoagulación eliminó la DQO y turbidez de las aguas residuales textiles. utilizando electrodos de Fe-Fe. Sus resultados fueron la máxima eficiencia de eliminación de DQO (65%) y turbidez (97%).
Singh G. et al.	India	2019	Scopus	Los efectos de la variación de la densidad de corriente mejoraron la eficacia del proceso de electrocoagulación. Consiguiendo más del 90% de eliminación en DQO.
Ahmed S. et al.	Irak	2018	Scopus	Se utilizó un ánodo rotatorio para el tratamiento de aguas residuales textiles. Teniendo como resultado que este modelo mejoró la eficiencia para la Turbidez en un 98.5%, sin embargo, no fue significativa para el parámetro de DQO.
Pirkarami A. y Mohammad O.	Irán	2017	Scopus	Se señala la importancia de los diferentes parámetros de operación como el pH, temperatura, electrodo y su relación de resultados. Llegando a remover grandes porcentajes de los contaminantes.

En la tabla 6, se puede observar las principales características de los reactores y los componentes más utilizados en las pruebas electroquímicas de coagulación en el tratamiento de efluentes textiles. El material del electrodo es uno de los componentes del reactor que más varía en las investigaciones, y el tipo de reactor en su mayoría es del tipo discontinuo, por lotes a escala de laboratorio. Casi la totalidad de investigaciones utilizaron fuente de alimentación de corriente continua, solo 2 de los autores utilizaron fuentes de energía distintas (Paneles solares y NSP), 20 artículos del total de las investigaciones (25), utilizaron conexión bipolar, asimismo el material más utilizado es el aluminio que estuvo presente en 18 investigaciones.

Tabla 6. Características de la técnica de la electrocoagulación en el tratamiento de efluentes textiles

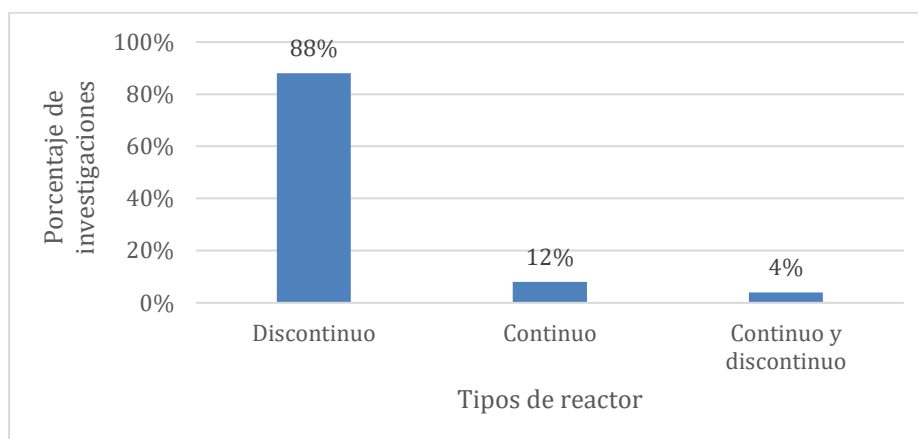
Autor del estudio	Tipo de reactor	Volumen	Tipo de conexion	Fuente de alimentación	Material del electrodo	Número de electrodos	Distancia entre electrodos
Abdelshafi y Sadik (2022)	Discontinuo	1L	Monopolar en serie /paralelo y Bipolar	CC	Aluminio- Hierro- Acero	4	1 cm
Asfaha Y. et al (2022)	Discontinuo	1L	Bipolar	CC (0-16 (V); 0-50 (A))	Aluminio	4	1 cm
Boulbaba L. et al (2022)	Discontinuo	5L	Bipolar	Paneles fotovoltaicos	Hierro	4	1 cm
Gasmi A. et al (2022)	Discontinuo	500mL	Monopolar	CC	Aluminio	2	1 cm
Karthikeyan y Vijayachitra (2022)	Discontinuo	2L	Bipolar	CC	Hierro	2	1 cm
	Discontinuo modificado	8L	Bipolar		Aluminio	4	1 cm
	Continuo	12L	Monopolar en paralelo		Acero	3	1 cm
Rezagama A. et al (2022)	Discontinuo	1L	Bipolar	CC	Aluminio - Hierro	2	1 cm
Tibebe D. et al (2022)	Discontinuo	1L	Bipolar	CC	Aluminio	2	2.5cm



Alagesan J. et al (2021)	Continuo	1500 ml	Monopolar	CC	Acero	2	4cm
Sutanto et al (2021)	Continuo	1680 ml	Monopolar	CC	Aluminio	8	1.5, 3, 4.5, 6 (cm)
Elhafdi M. et al (2020)	Discontinuo	150L	Bipolar	CC	Aluminio- Hierro	4	20 mm
Gusa R. et al (2020)	Discontinuo	1500 mL	Bipolar	CC	Aluminio	2, 4, 6	1 cm
Hanumanthappa S. et al (2020)	Discontinuo	1500 mL	Bipolar paralela	CC	Acero y Cobre	4	1 cm
Khalifah A. et al (2020)	Discontinuo	1400 mL	Bipolar	CC	Aluminio	4	4, 8, 12 (mm)
Mohammed A. et al (2020)	Discontinuo	1400 mL	Bipolar	CC	Acero (malla)	2	0,5, 1.75, 3 (cm)
Nguyen Q. et al (2020)	Discontinuo	200 mL	Monopolar en paralelo	CC/NSP	Aluminio	4	1 cm
Palanisamy S. et al (2020)	Discontinuo	500 mL	Bipolar	CC	Aluminio	2	2, 4 (cm)
Putra R. et al (2020)	Discontinuo	14L	Bipolar	CC	Acero - Aluminio	6	1 cm

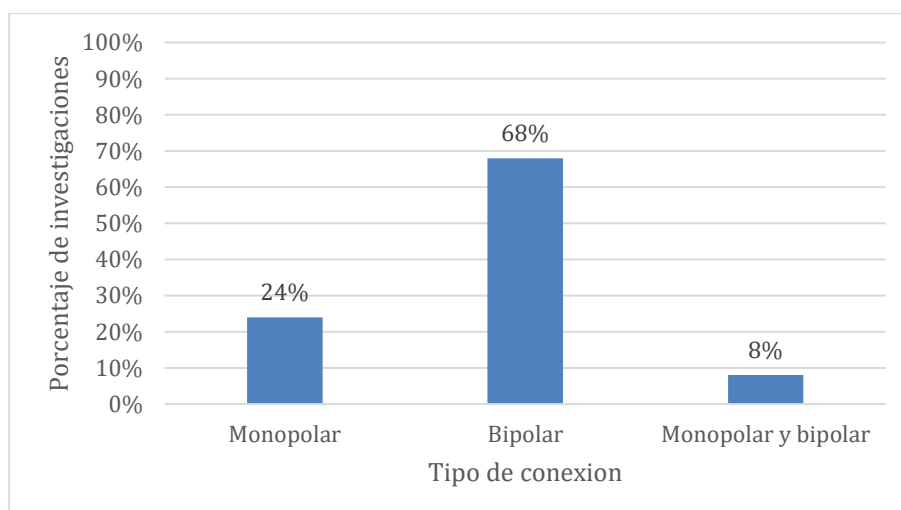
Donneys, Dayana et al (2019)	Discontinuo	10L	Bipolar	CC	Magnesio-AZ31- Acero	2	0.8 cm
Fikri E. et al (2019)	Discontinuo	41,3 L	Bipolar	CC	Aluminio	4, 6, 8	3cm
Gohil y Makwana (2019)	Discontinuo	1.1L mL	Bipolar	CC (0-32 V, 0-2 A)	Acero	2	5 cm
Ilhan F. et al (2019)	Discontinuo	760.5 (ml)	Monopolar en paralelo	CC	Hierro - Aluminio	4	15 mm
Nasr F. et al (2019)	Discontinuo	1L	Monopolar en paralelo	CC	Hierro	4	1cm
Singh G. et al. (2019)	Discontinuo	1L	Bipolar	CC	Aluminio - Hierro	6	1 cm
Ahmed S. et al. (2018)	Continuo	10 L	Bipolar	CC	Aluminio (ánodo rotatorio)	6	1, 1,5, 2 cm
Pirkarami A. y Mohammad O. (2017)	Discontinuo	1 L	Bipolar	CC	Aluminio, Hierro - Titanio	2	1 cm

En la figura 4, se observa que el reactor en modo discontinuo es el más utilizado alcanzando el 84% (21 investigaciones), solo un autor comparó la efectividad del modo continuo y discontinuo de reactores del proceso de electrocoagulación en efluentes textiles.



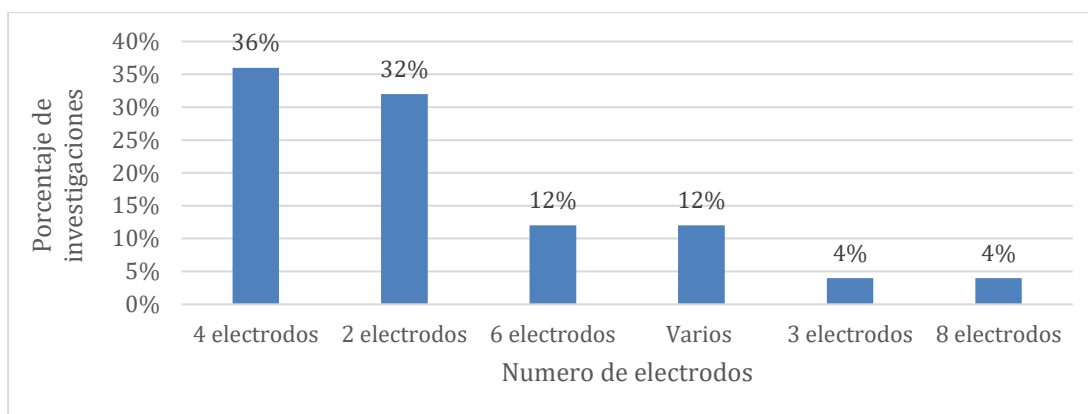
*Figura 4. Tipo de reactor.*

En la figura 5, se concluye que el tipo de conexión más utilizado es el modo bipolar siendo el 68% (17 investigaciones), el 24% (6 autores) utilizó la conexión tipo monopolar, solo el 8% (2 autores) comparó la eficiencia energética del tipo de conexión monopolar y bipolar, en el proceso de electrocoagulación en efluentes textiles.



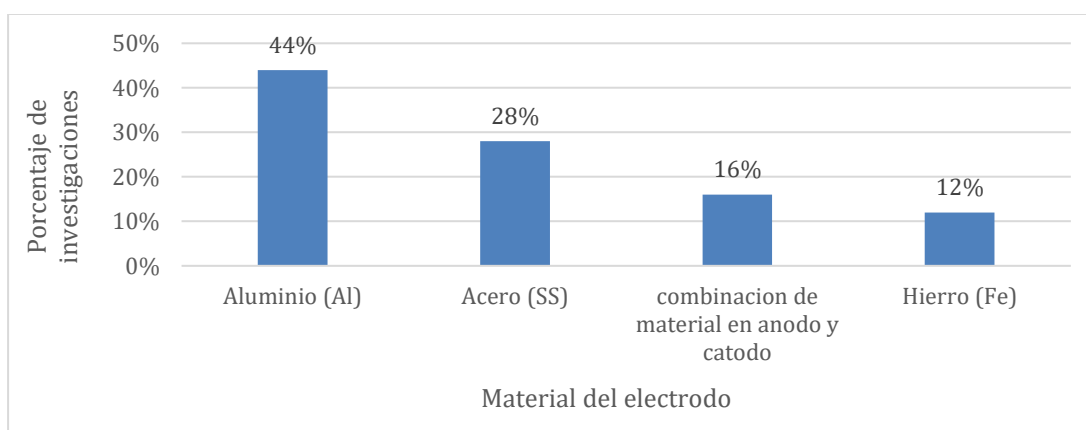
*Figura 5. Tipo de conexión.*

En la figura 6, se observa que el número de electrodos más utilizado, presente en una celda para procesos EC, son 4 electrodos, siendo el 36% (9 investigaciones), asimismo el 12% (3 autores) comparó la efectividad del tratamiento de electrocoagulación aplicado a efluentes textiles variando el número de electrodos.



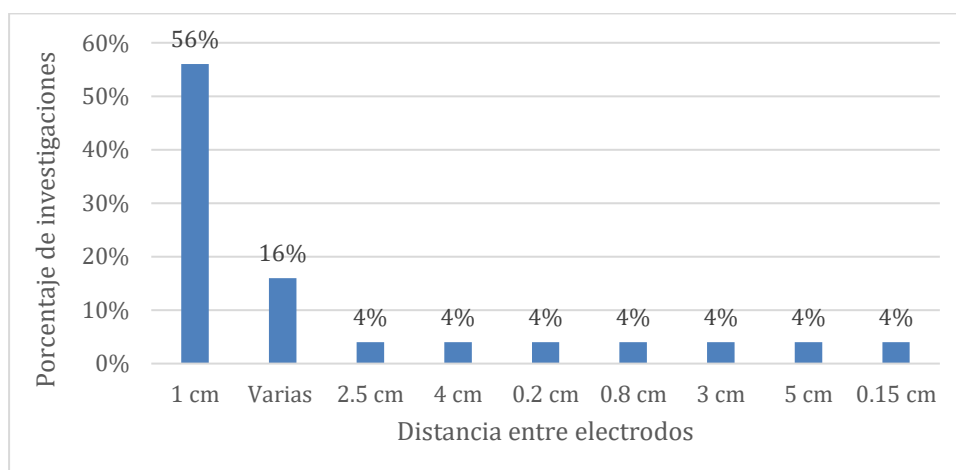
*Figura 6. Número de electrodos utilizado.*

En la figura 7, se concluye que material de electrodo más utilizado es el aluminio que representa el 44% (11 investigaciones), asimismo el 28% (7 investigaciones), utilizaron acero, el 16% (4 investigaciones) combinaciones de material de electrodo (Acero, magnesio, aluminio, hierro y titanio), solo el 12% (3autores) utilizo hierro.



*Figura 7. Material de electrodo más utilizado.*

En la figura 8, se concluye que la distancia entre electrodos más utilizada es de 1 cm con el 56% (14 investigaciones), asimismo el 16% (4 investigaciones), compararon la eficiencia en el proceso EC de distintas distancias entre electrodos, la mínima distancia de electrodos es de 0.15 cm representando el 4% (1 investigación) y la máxima es de 5 cm que es el 4% (1 autor).



*Figura 8. Distancia entre electrodos.*

En la tabla 7, se puede observar los principales parámetros operacionales de la electrocoagulación en el tratamiento de efluentes textiles. 25 investigaciones realizaron los experimentos a escala de laboratorio, siendo la máxima capacidad 150 litros, solo 5 autores utilizaron 3 diferentes muestras de efluentes textiles (distinta concentración inicial de contaminantes), además se observa que el potencial eléctrico, el tiempo y el pH son los parámetros más evaluados para mejorar la eficiencia de la técnica por ser considerados los más influyentes en el desempeño del proceso, en el caso de la temperatura solo dos autores consideraron la importancia en el proceso, pero no se encontró evidencia de una mejora importante en la capacidad de remoción de contaminantes, por último, solo 6 autores consideraron la adición de electrolitos en el proceso mejorando la eficiencia del proceso para la remoción de colorantes.

*Tabla 7. Características del proceso electrocoagulación en el tratamiento de efluentes textiles*

Autor del estudio	Volumen del efluente	# de muestras	# de experimentos	Intensidad eléctrica/Voltaje/densidad eléctrica	pH	Tiempo (min)	Temperatura	Adición de electrolitos
Abdelshafi y Sadik (2022)	1L	1	15	1, 2, 3, 4, 5 (v)	10.5	10, 20, 30, 40, 50, 60.	Ambiente	-
Asfaha Y. et al. (2022)	600mL	3	29	1, 2 y 3 A (15, 31, 46 (mA/cm <sup>2</sup> ))	3, 7, 11	5, 20, 35.	Ambiente	-
Boulbaba L. et al. (2022)	100L	1	3	0.5, 1 y 2(A)	6.8	280	25 °C	-
Gasmi A. et al. (2022)	400mL	1	20	4, 6, 9, 12, 14 (v)	4, 7, 10, 12	6.36, 20, 40, 60, 73.63	Ambiente	-

Karthikeyan y Vijayachitra (2022)	1.4L	1	1	V:19 (v)	13.861	126.	Ambiente	-
	5L	1	1	V:19 (v)	12.413	120	Ambiente	-
	8L	1	1	V:110 (v)	13.635	80	Ambiente	-
Rezagama A. et al. (2022)	1L	1	16	1, 2, 3 y 4 (A)	7	5	25°C	-
Tibebe D. et al. (2022)	1L	3	3	15 v	7	30	Ambiente	-
Alagesan J. et al. (2021)	500 ml	3	17	4 (v) – 47(mA /cm <sup>2</sup> )	3, 5, 7, 9, 11	5, 10, 15	Ambiente	0,1, 0,2, 0,2, 0,2 y 0,5 M (NaCl)
Sutanto et al. (2021)	1680 ml	1	32	18 v	6.91	31	Ambiente	-
Elhafdi M. et al. (2020)	100- 150L	2	15	31.4(mA /cm <sup>2</sup> )	6.4, 6.9, 11.46	20, 45	Ambiente	
Gusa R. et al. (2020)	700mL	1	3	20 v	10.3	120	Ambiente	-
Hanumanthappa S. et al. (2020)	700mL	1	16	6, 12, 18, 24 (v) 20, 60, 180, 260 (A/m <sup>2</sup> )	7.53	5, 15, 30, 45, 60	Ambiente	-
Khalifah A. et al. (2020)	700mL	1	36	244, 486 y 732 (mA)	4-7-10	5, 10, 15, 20, 25, 30	Ambiente	-

Mohammed A. et al. (2020)	1000mL	3	18	4, 12 y 20 (mA /cm <sup>2</sup> )	2, 7, 12	4, 12, 15, 20	Ambiente	50, 325, 600 M (NaCl)
Nguyen Q. et al. (2020)	200mL	1	14	CC:1, 2-4 (v) NSP: 1, 2, 4,10, 20, 30, 45 (v)	9.8	10, 20, 40, 60, 90 (min).	Ambiente	-
Palanisamy S. et al. (2020)	300mL	5	23	2, 3, 4, 5, 6 (v)	3, 5, 7, 9, 11	10, 20, 30, 40, 50, 60	Ambiente	1, 1.5, 2, 2.5 y 3 M (NaCl)
Putra R. et al. (2020)	10L	1	1	20 (v)	8.6	60	Ambiente	-
Donneys, Dayana et al. (2019)	1L	2	8	20, 50 (A /m <sup>2</sup> )	7.83	50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400	25°, 50° C	1.8 M (NaCl)
Fikri E. et al. (2019)	2.5 L	1	18	9(v) - 5(A)	6.8	45	Ambiente	-
Gohil y Makwana, (2019)	1L	3	9	1, 5, 10 (mA /cm <sup>2</sup> )	3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	0-90	Ambiente	250, 500, 750, 1000, 1500, 2000 Mg/L (NaCl)



Ilhan F. et al (2019)	250 (ml)	1	18	20, 40, 60, 80,100 (A /m2)	4.3, 5.3, 6.3, 7, 8.3	5, 10, 15, 20, 25	Ambiente	-
Nasr F. et al (2019)	1L	1	12	0.2, 0.4, 0,5, 0,7, 0.9(A)	6-8-10-12	20, 40, 60, 80, 100, 120	Ambiente	-
Singh G. et al. (2019)	200mL	2	6	30 A, 135 A/m2	7	20 min.	Ambiente	-
Ahmed S. et al. (2018)	10 L	2	4	4, 6, 8 (mA /cm2) 30 (V), 2 (A)	4.57	10, 30 min.	Ambiente	-
Pirkarami A. y Mohammad O. (2017)	1L	2	9	15, 25, 35, 45, 75 (A/m2)	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11	5, 10, 15 min.	15°, 25°, 35°, 45° y 55° C	5 , 10 y 15M (NaCl)

En la figura 9, se observa que los parámetros operativos más evaluados y que se consideran más importantes e influyentes en la eficiencia del proceso de electrocoagulación en efluentes textiles son el tiempo y el potencial eléctrico.

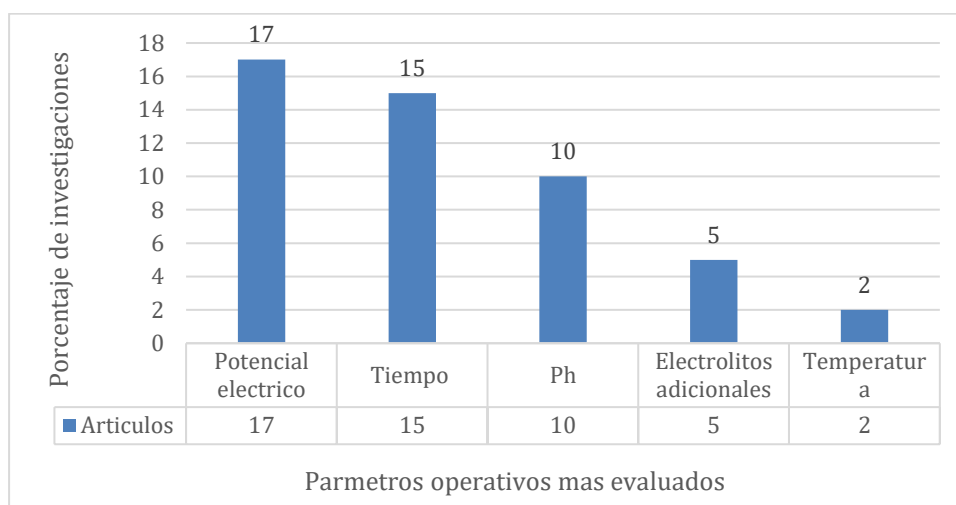


Figura 9. Parámetros operativos del proceso de electrocoagulación más evaluado.

En la figura 10, se observa que el 92% (23 autores) no tomaron en cuenta a la temperatura como un parámetro importante en el desempeño del proceso de electrocoagulación, solo el 8% (2 autores) estudiaron elevar la temperatura para mejorar la eficiencia del proceso, pero no obtuvo cambios relevantes.

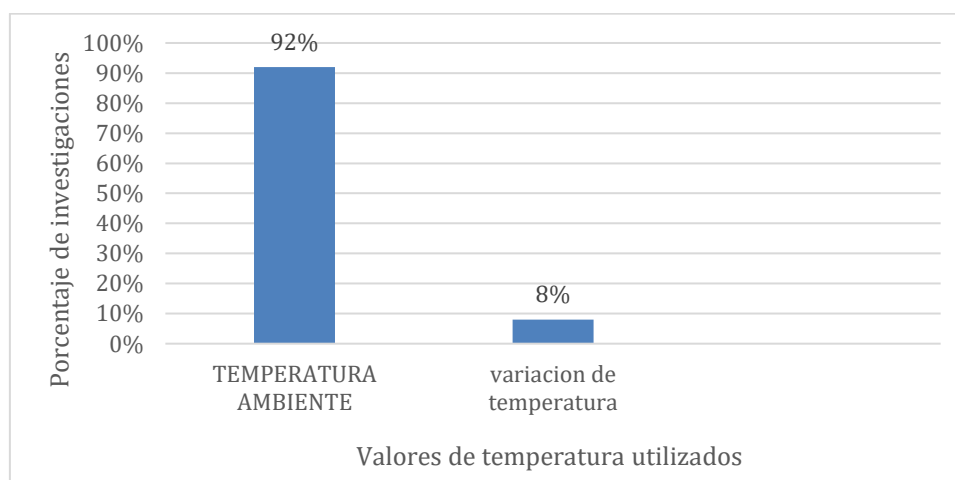


Figura 10. Porcentajes de autores que evaluaron la temperatura en el proceso EC.

En la figura 11, se observa que el rango del pH utilizado por los autores para una mayor eficiencia del proceso es de 4.7 a 13.6.

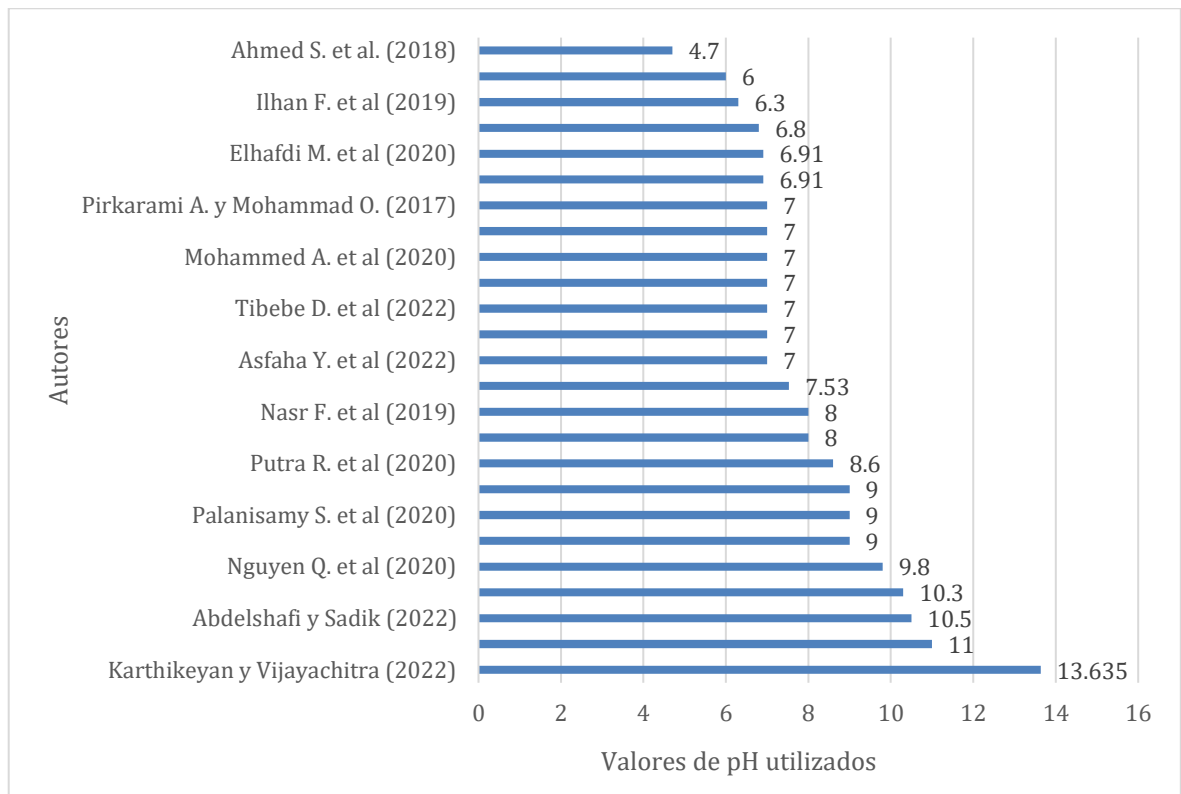


Figura 11. Valores de pH evaluados en el proceso EC.

En la figura 12, se observa que solo el 24% (6 autores) utilizaron electrolitos adicionales (NaCl) en el proceso de electrocoagulación para mejorar el rendimiento de remoción de colorantes.

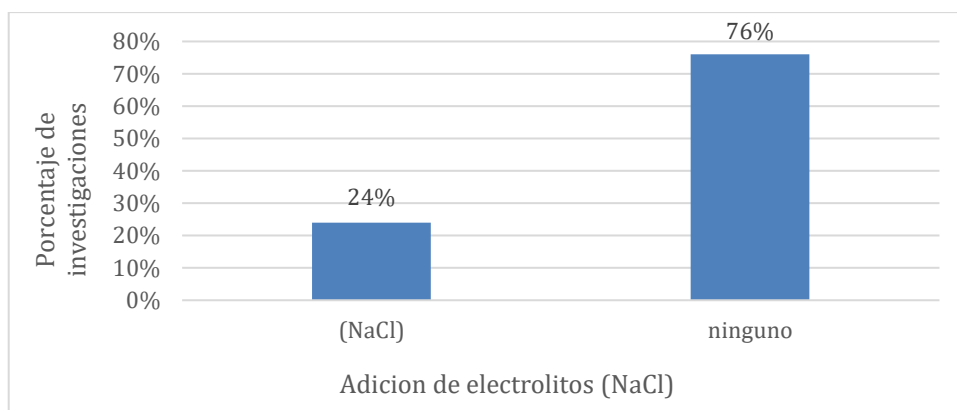


Figura 12. Investigaciones que adicionaron electrolitos en el proceso EC.

En la figura 13, se observa que el tiempo de proceso de electrocoagulación de cada artículo científico revisado, que lograron mayor capacidad de remoción de contaminantes de efluentes textiles, el menor tiempo fue de 5 minutos y el mayor de 280 minutos.

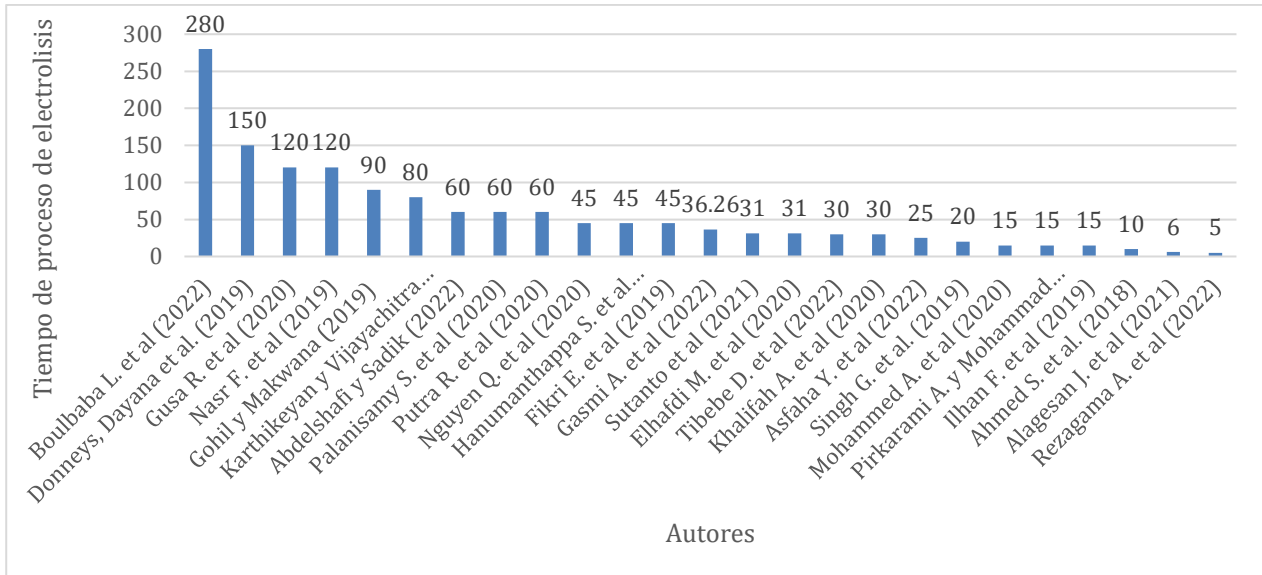


Figura 13. Tiempo en minutos utilizado en el proceso EC para el tratamiento de efluentes textiles.

En la figura 14, se observa que el voltaje utilizado en los procesos de electrocoagulación varía de 1.6 a 45 v, asimismo el mayor número de investigaciones (6 autores), aplicó entre 18 a 20 voltios al proceso electroquímico.

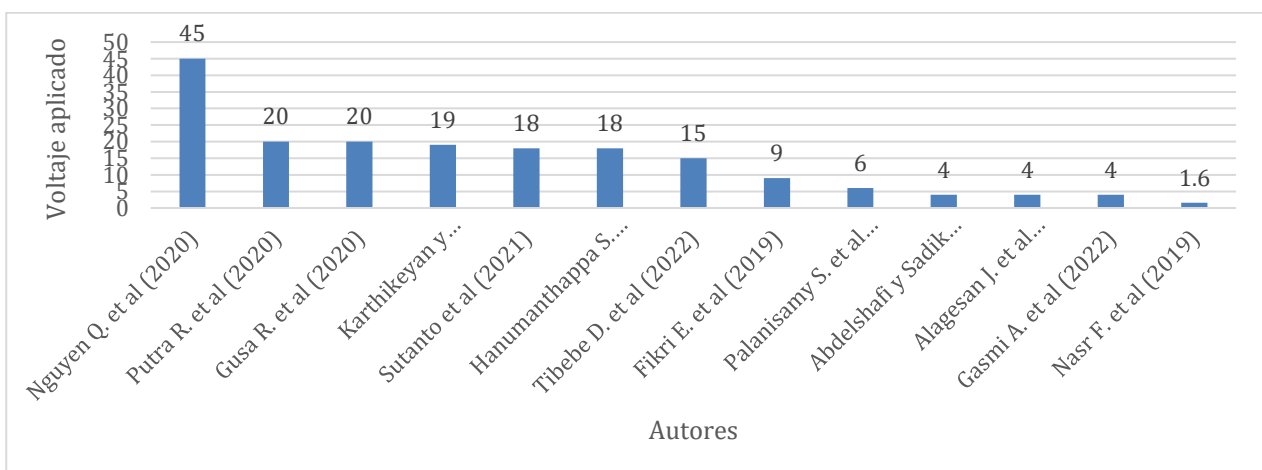
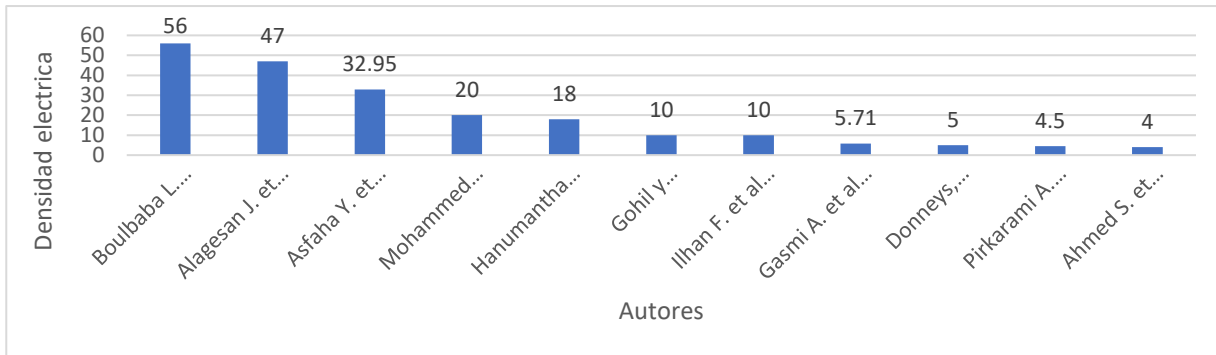


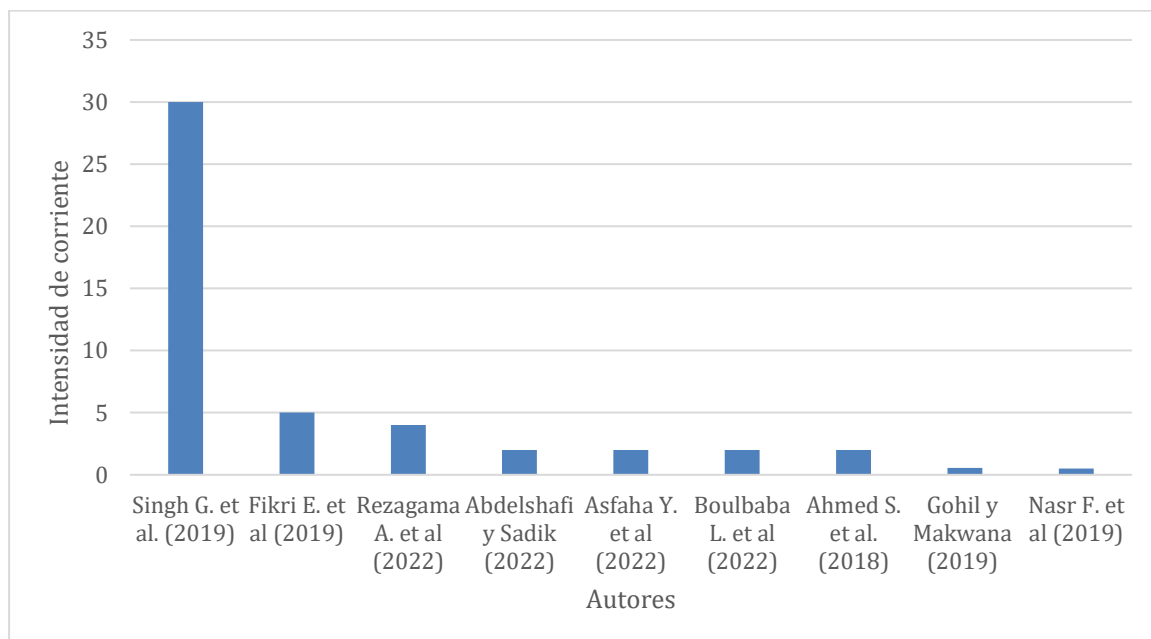
Figura 14. Voltaje utilizado en el proceso EC para el tratamiento de efluentes textiles.

En la figura 15, se observa que la densidad eléctrica que generó los mayores porcentajes de remoción de contaminantes, se muestra valores heterogéneos con un mínimo de 4 mA/cm<sup>2</sup> y un máximo de 56 mA/cm<sup>2</sup>, cabe indicar que los resultados fueron convertidos a una misma unidad para una mejor comprensión.



*Figura 15. Valores de la densidad eléctrica aplicada al proceso EC en las investigaciones seleccionadas.*

En la figura 16, se observa que la intensidad de corriente eléctrica ha sido aplicada en mayor parte de las investigaciones en un rango de 2 a 5 amperios (A).



*Figura 16. Valores de la intensidad eléctrica aplicada al proceso EC en las investigaciones seleccionadas.*

En la tabla 8, se presentan la información sobre las condiciones operacionales experimentales realizadas y los porcentajes de remoción de contaminantes de efluentes textiles, asimismo se muestra los principales tipos de contaminantes tratados con electrocoagulación en efluentes textiles los cuales fueron en su mayor la DQO, el color y la turbidez, luego de optimizar los parámetros de operación físicos y químicos, se concluye que como máximo porcentaje de remoción se logró el 100% en turbidez y color, 98 % en DQO y 97% en SST.

*Tabla 8. Porcentaje de remoción de contaminantes de efluentes textiles*

Autor del estudio	Parámetros evaluados	Condiciones óptimas	Concentración inicial	Concentración final	% de remoción
Abdelshafi y Sadik (2022)	Color (mg/L) PtCo	Electrodos (4 SS)	100	2.78	97.22
	DQO (mg/L)	pH 10.5	600	365	39.17
	TDS (mg/L)	t: 60min	1745	835	52.15
	Turbidez (NTU)	V:4v I:2A Monopolar /paralelo	166	67	59.64
Asfaha Y. et al. (2022)	DQO (mg/L)	pH: 7	600	144.0	76
	Color (mg/L) PtCo	j:32.95 mA/cm <sup>2</sup>	600	66.0	89
	TOC (mg/L)	t: 25 min Bipolar Electrodos (4 Al)	122	63.7	47
Boulbaba L. et al. (2022)	DQO (mg/L)	j: 56 mA/cm <sup>2</sup> I:2A	712.8	142.4	80

		pH: 6 t: 280 min Bipolar Electrodos 4 (Fe)			
Gasmi A. et al. (2022)	DQO (mg/L)	pH: 9 T: 36,26 (min) V= 4(v) j: 57,1A/m2 Electrodos 2 (Al) Monopolar	404	149.3	63.05
	Turbidez (NTU)		64	2.36.0	96.31
	Sulfatos (mg/L)		500	280.0	44
	SST (mg/L)		325	256.0	11.2
Karthikeyan y Vijayachitra (2022)	Turbidez (NTU)	Modo Continuo t: 80 min V: 110v Monopolar/paralelo Electrodos 3 (SS)	768	16	97,9
	Color rojo (mg/L PtCo)		94840	367	99.61
	Color verde (mg/L PtCo)		95221	322	99.66
	Color azul (mg/L PtCo)		94890	343	99.64
Rezagama A. et al. (2022)	Color (mg/L) PtCo	I: 4A T: 5 min Bipolar Electrodos 2 (Fe)	1077.677	431	60.006
	DQO (mg/L)		691.667	248.333	64.09
Tibebe D. et al. (2022)	Nitrato (mg/L)	Temp.: 23.6° V= 15(v) pH=7	0.85	0.06	93
	Nitrito (mg/L)		0.030	0.0002	93
	Fosfato HR (mg/L)		18.0	9.4	48

	Fosfato LR (mg/L)	T=30(min) Electrodos 2 (Al) Bipolar	3.76	0.04	47
	Amoniaco (mg/L)		20.00	2.60	87
	Nitrógeno total (mg/L)		20.88	2.66	87
	Turbidez (NTU)		42.60	0.43	99
	OD (mg/L)		3.39	4.83	+42
	DBO (mg/L)		4.69	1.59	66
Alagesan J. et al. (2021)	Color RO 16 (mg/L PtCo)	0.5M Electrolito pH 11 Voltaje 4V Tiempo 6 min electrodos 2 (SS) Monopolar	100	0	100
	Color RR120(mg/L PtCo)		100	1	99
	Color DR 80 (mg/L PtCo)		100	0	100
Sutanto et al. (2021)	OD (mg/L)	pH 6.91 V:18 v t 30 min. Electrodos 8 (Al) Monopolar	7.60	8.2	+7.9
	DQO (mg/L)		1683	138	91.80
	TSS (mg/L)		937	114	87.83
	Color (mg/L PtCo)		239.14	38,31	83.98
Elhafdi M. et al. (2020)	DQO (mg/L)	j: 31,4 mA/cm2 pH: 6.9 t:20 min 4 (Fe-Al) Bipolar	1230	246	80



Gusa R. et al. (2020)	TDS (mg/L)	t: 120 min Voltaje: 20v Electrodos 6 (Al) Bipolar	510	92	81.9
	Turbidez (NTU)		37.9	5.98	84.33
Hanumanthappa S. et al. (2020)	DQO (mg/l)	V: 18v j: 180A/m2 t:45min electrodos 4 (SS) Bipolar	3012	320	89.37
	Color (Pt-Co)	V: 18v j: 180A/m2 t:45min electrodos(3SS-1Cu) Bipolar	1000	20	98
	TDS (mg/l)		2914	680	76.7
	Nitrato (mg/L)		21.37	1.115	94.79
	Fosfatos (mg/L)		180.44	31.31	82.65
	Sulfatos (mg/L)		66.53	10.22	84.64
Khalifah A. et al. (2020)	Color (mg/L PtCo)	I: 488mA t:30 min pH: 7 SBE: 4mm Electrodos 4 (Al) Bipolar	30	1.41	95.3
Mohammed A. et al. (2020)	Color azul (mg/L PtCo)	j: 20 mA/cm2 SBE: 1.75cm	50	2	96

		NaCl 462.5 mg/L pH: 7 t:15 min Electrodos 2 (SS) Bipolar			
Nguyen Q. et al. (2020)	DQO (mg/L)	V: 45v t:45 min Material: 4 (AL) NSP Monopolar	350	80.5	77
Palanisamy S. et al. (2020)	DQO (mg/L)	V: 6v t:60 min SBE: 4cm Electrodos 2 (AL) Bipolar pH:3	100	28	72
	Color (mg/L PtCo)		100	3	97
Putra R. et al. (2020)	DQO	V: 20v t:60 min Electrodos 6(AL-SS) Bipolar	214.8	65.3	69.6
Donneys, Dayana et al. (2019)	Color (mg/L PtCo)	pH:8 j: 50 mA/cm <sup>2</sup>	300	3	99

	DQO (mg/L)	T:150 min Electrodos 2(Mg – SS) Bipolar	300	48	84
Fikri E. et al. (2019)	DQO (mg/L)	t:45(min) I: 5A V:9v electrodos: 8 (Al) Bipolar	221.5	23.0	89.6
Gohil y Makwana (2019)	Color azul disperso (mg/L PtCo)	j: 10 mA/cm <sup>2</sup> I: 0.55A pH: 9 t: 90 min electrodos: 2 (SS) 2000 mg/L (NaCl) Bipolar	150	12.15	91.9
Ilhan F. et al. (2019)	DQO (mg/L)	j: 100 A/m <sup>2</sup> pH:6.3 t: 15(min) Electrodos 4 (Al) Monopolar /paralelo	1550	947.67	43.8

	TOC	j: 80 mA/cm <sup>2</sup> pH:7.3 t: 20 (min) Electrodos 4 (Al) Monopolar /paralelo	551	328.39	40.4
Nasr F. et al. (2019)	DQO (mg/L)	pH: 8 I: 0.5A V:1.6v T:120 (min) Electrodos 4 (Fe) Monopolar /paralelo	1200	440	63
	Color (mg/L PtCo)		1.22	0.05	98
	DBO5 (mg/L)		350	187	47
	Fosfatos (mg/L)		5.9	2.5	58
Singh G. et al. (2019)	DQO (mg/L)	j: 135 A/m <sup>2</sup> I: 30 A t: 20 min Electrodos 5 (Al) Monopolar	514	38.036	92.60
	Color (mg/L)		300	20.67	93.11
Ahmed S. et al. (2018)	DQO (mg/L)	pH: 4.57 j: 4 mA/cm <sup>2</sup> I: 2A t: 10 min distancia de electrodo: 1 cm ánodo rotatorio	990	19.8	98.0
	DBO5 (mg/L)		112	4.98	95.55
	Color (nm)		533	7.995	98.50
	SST (mg/L)		3270	94.83	97.10
	Turbidez (NTU)		396	15.84	96.0

		cátodo en 10 anillos Bipolar			
Pirkarami A. y Mohammad O. (2017)	DQO (mg/L)	pH: 7 j: 45 A/m <sup>2</sup> t: 15 min distancia de electrodo: 1 cm Temperatura 25°C electrodo 2 (Fe – Ti) Bipolar	4054	891	78.03
	Color (mg/L PtCo)		150	93.8	93.8
	SST (mg/L)		402	15	96.27

En la tabla 9, se puede observar los principales parámetros contaminantes presentes en los efluentes tratados con electrocoagulación en las investigaciones seleccionadas, de los cuales en su mayoría resaltaron 3 principales: 18 artículos seleccionados para DQO, 16 para Color y 6 para Turbidez.

*Tabla 9. Principales contaminantes tratados con electrocoagulación presente en los efluentes textiles extraídos de las investigaciones seleccionadas*

AUTOR	DQO	COLOR	TURBIDEZ	DBO	OD	PO4	NH3	NT	S04	SST	TOC	TDS	NO3	N02
Abdelshafi y Sadik (2022)	✓	✓	✓									✓		
Asfaha Y. et al. (2022)	✓	✓									✓			
Boulbaba L. et al. (2022)	✓													
Gasmi A. et al. (2022)	✓		✓						✓	✓				

Karthikeyan y Vijayachitra (2022)		✓	✓											
Rezagama A. et al. (2022)	✓	✓												
Tibebe D. et al. (2022)			✓	✓	✓	✓	✓	✓					✓	✓
Alagesan J. et al. (2021)		✓												
Sutanto et al. (2021)	✓	✓			✓					✓				
Elhafdi M. et al. (2020)	✓													
Gusa R. et al. (2020)			✓									✓		
Hanumanthappa S. et al. (2020)	✓	✓				✓			✓			✓	✓	
Khalifah A. et al. (2020)		✓												
Mohammed A. et al. (2020)		✓												
Nguyen Q. et al. (2020)	✓													
Palanisamy S. et al. (2020)	✓	✓												
Putra R. et al. (2020)	✓													
Donneys, Dayana et al. (2019)	✓	✓												
Fikri E. et al. (2019)	✓													
Gohil y Makwana (2019)		✓												
Ilhan F. et al. (2019)	✓										✓			
Nasr F. et al. (2019)	✓	✓		✓		✓								
Singh G. et al. (2019)	✓	✓												
Ahmed S. et al. (2018)	✓	✓	✓	✓						✓				
Pirkarami A. y Mohammad O. (2017)	✓	✓								✓				

En la figura 17, se puede observar que de las 18 investigaciones que trataron la DQO, 16 lograron remover más del 60% de este parámetro, siendo la investigación de Ahmed S. et al., 2018 la que alcanzó mayor eficiencia, solo 2 investigaciones obtuvieron valores por debajo del 40%.

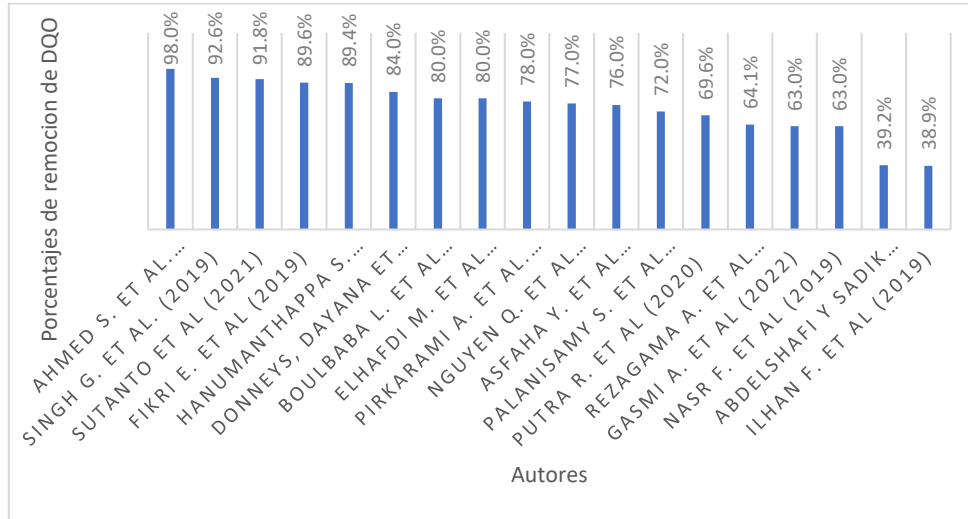


Figura 17. Porcentaje de remoción de DQO (Demanda química de oxígeno).

En la figura 18, se muestran los porcentajes de eliminación del color en efluentes textiles. Se puede observar que de las 16 investigaciones que trataron el color, todas lograron remover más del 60% de este parámetro, siendo la investigación de Alagesan J. et al., 2021, la que alcanzó mayor eficiencia.

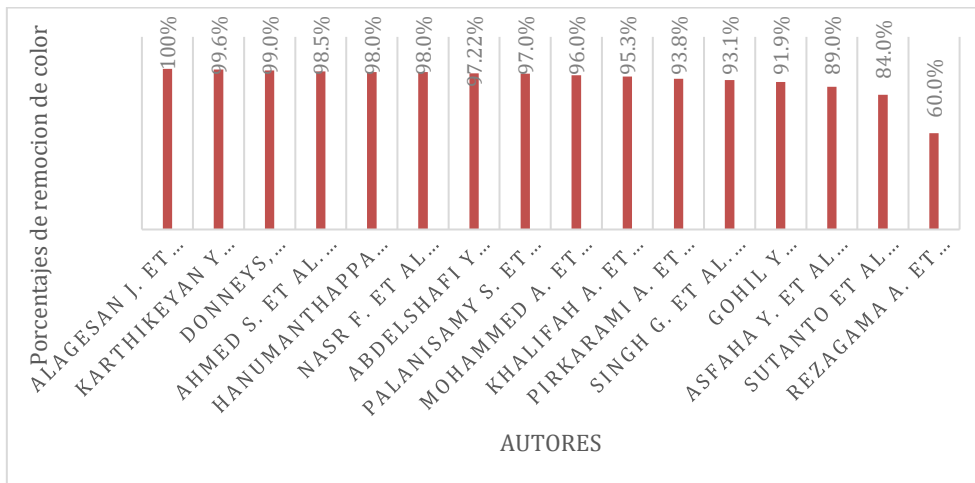


Figura 18. Porcentaje de remoción de Color.

En la figura 19, se muestra el porcentaje de eliminación de la turbidez en efluentes textiles. Se puede observar que de las 6 investigaciones que trataron el color, 5 lograron remover más del 83% de este parámetro, siendo la investigación de Karthikeyan y Vijayachitra (2022), la que alcanzó mayor eficiencia.

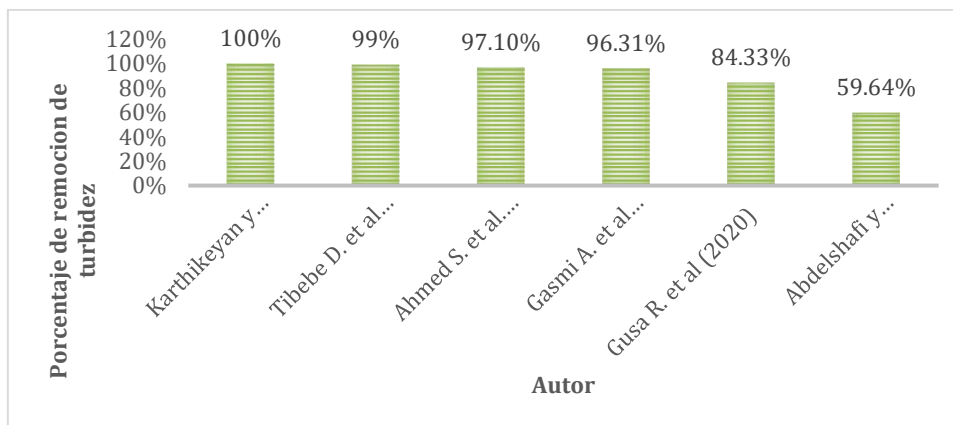


Figura 19. Porcentaje de eliminación de la turbidez.

En la figura 20, se muestra el porcentaje de eliminación por electrocoagulación de sólidos totales suspendidos (SST) en efluentes textiles. Se puede observar que de las cuatro (4) investigaciones que trataron el parámetro SST, tres (3) lograron remover más del 87% de los efluentes textiles, siendo la investigación de Ahmed S. et al. (2017), la que alcanzó mayor porcentaje de eliminación de Sólidos totales disueltos (SST).

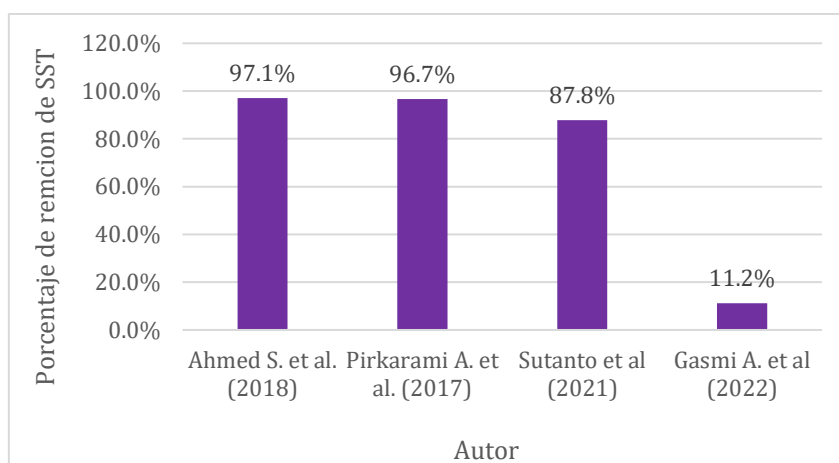


Figura 20. Porcentaje de eliminación de SST.



En la figura 21, se concluye que los mejores resultados se obtuvieron en reactores con flujo continuo (98% en DQO, 100% en color y 98.6% en turbidez) y en flujo discontinuo (92.6% en DQO, 99% en color y 99% en turbidez)

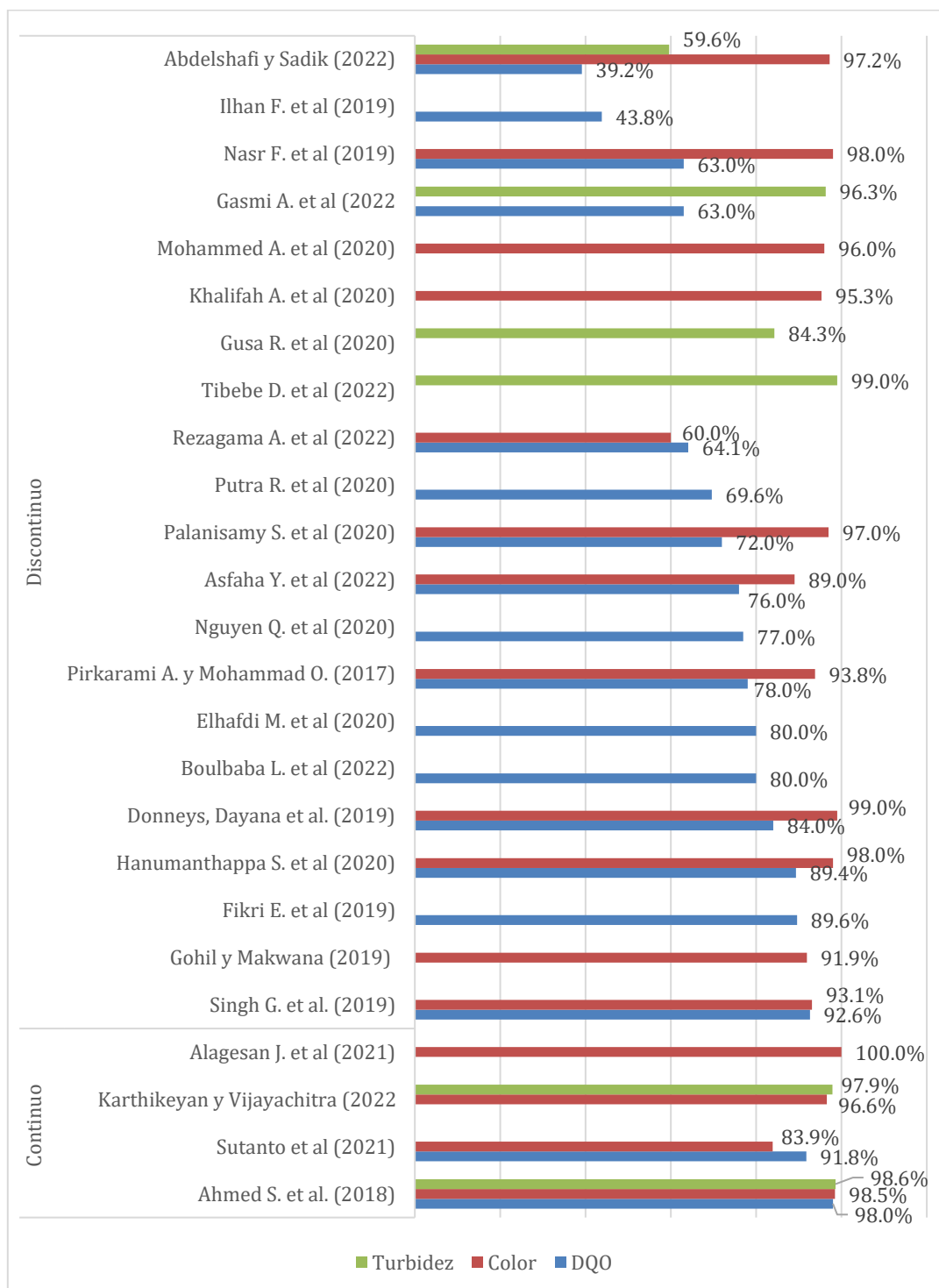


Figura 21. Relación factor de flujo con porcentajes de remoción.

En la figura 22, se concluye que no hay diferencia significativa de los porcentajes de remoción alcanzados para DQO, Turbidez y color con respecto al tipo de conexión de electrodos, para conexión monopolar el máximo valor de remoción fue de 100% en color, 92.6% en DQO y 97.9% en turbidez, en conexión bipolar la reducción fue de 99% en color, el 98% en DQO y 99% en turbidez.

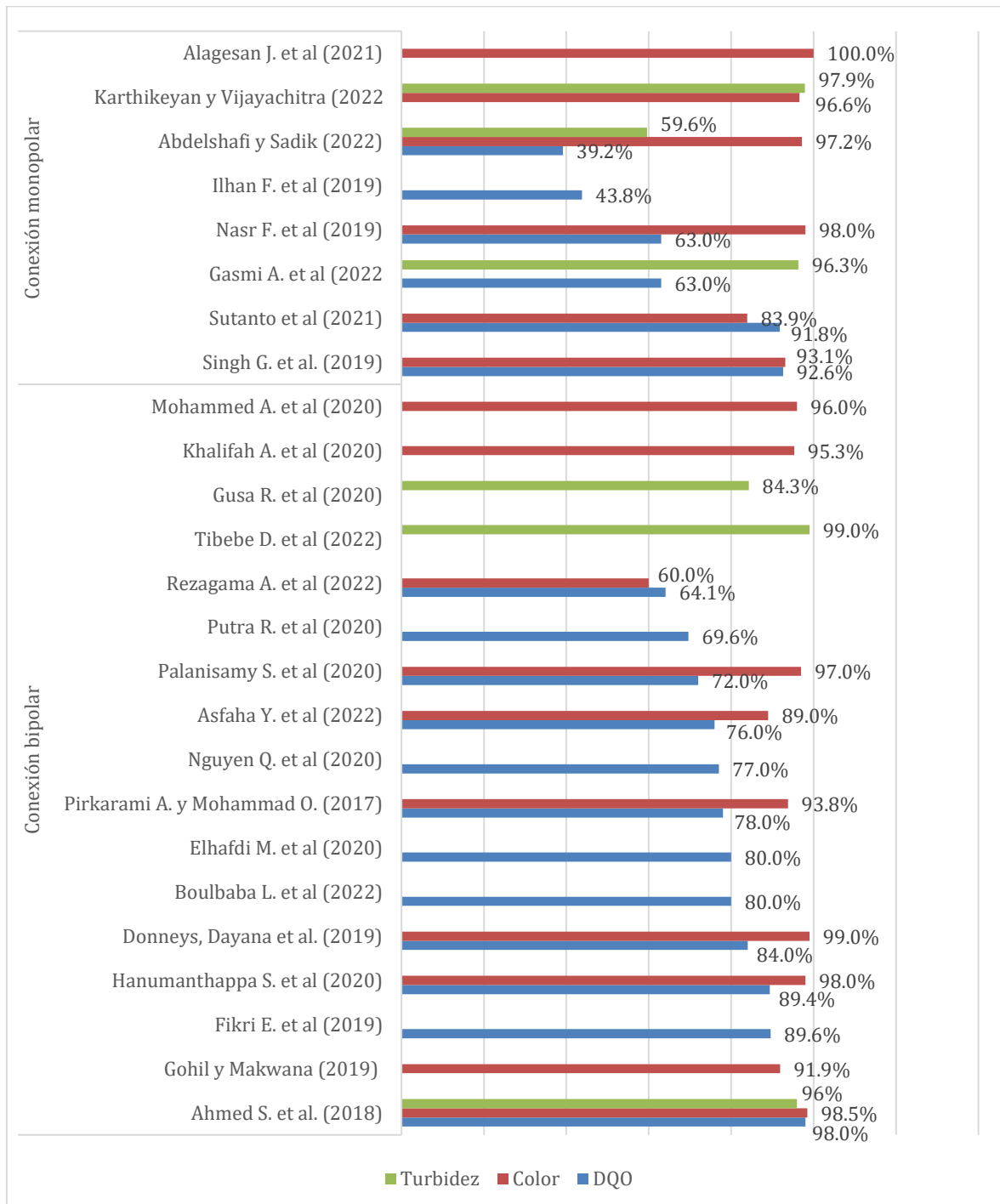


Figura 22. Relación tipo de conexión con porcentajes de remoción.

En la figura 23, se concluye que el aluminio como material para los electrodos ánodo – cátodo logra un 98% de remoción de DQO, utilizando electrodos rotatorios, y un 92.6% con electrodos de placas de aluminio.

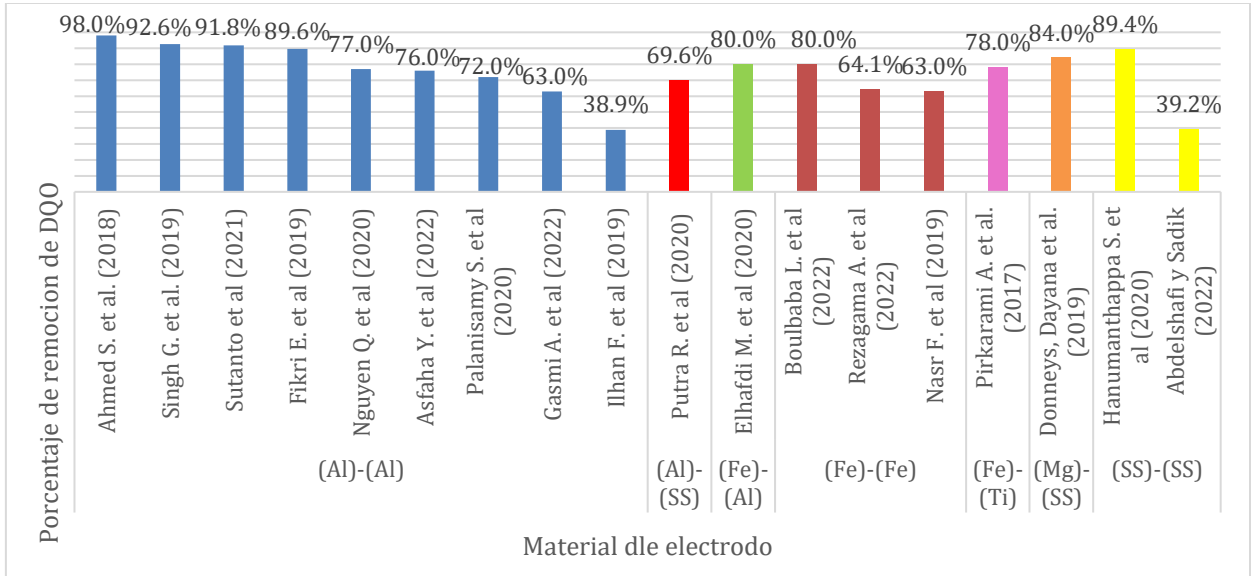


Figura 23. Porcentaje de remoción de DQO con respecto al material del electrodo.

En la figura 24, se concluye que el acero como material para los electrodos logra un 100% de remoción de color, asimismo el aluminio, hierro y una combinación de electrodos de magnesio y acero logran resultados cercanos.

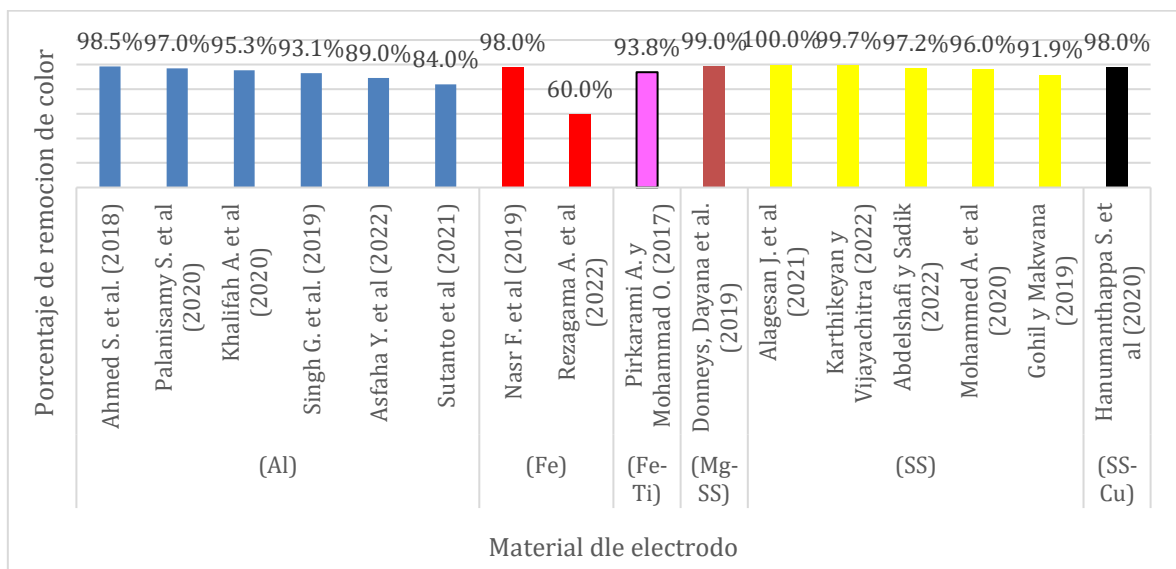


Figura 24. Porcentaje de remoción de Color con respecto al material del electrodo.

En la figura 25, concluye los mejores resultados de remoción de DQO se logró con 11 electrodos de aluminio (ánodo rotatorio y cátodos circulares) y 5 electrodos de placa de aluminio.

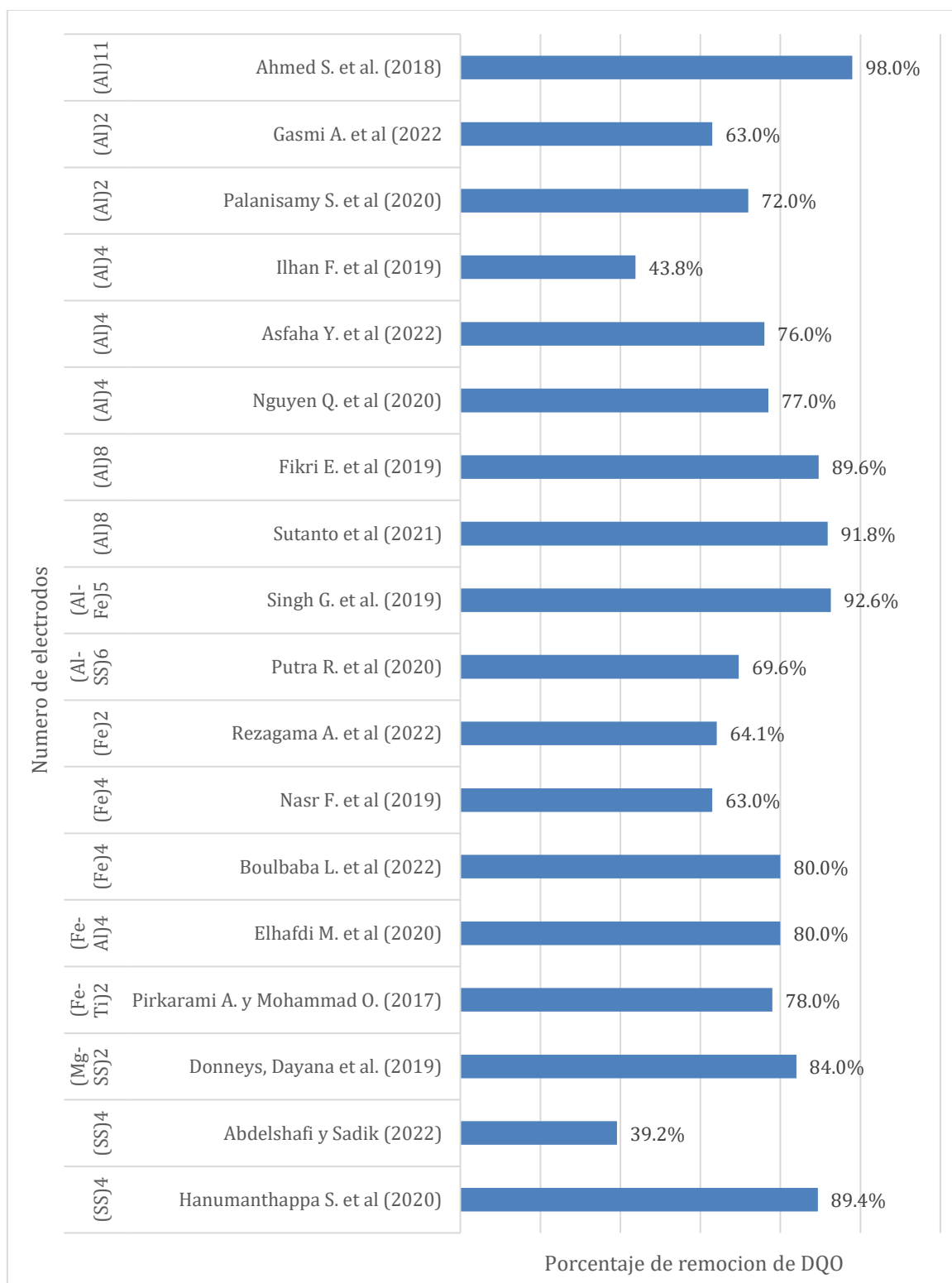


Figura 25. Relación número de electrodos con porcentajes de remoción de DQO.

En la figura 26, concluye los mejores resultados de remoción de color se logró con 2 electrodos de acero se consiguió remover el 100% del color en efluentes textiles.



Figura 26. Relación número de electrodos con porcentajes de remoción de color.

En la figura 27, concluye que los mejores porcentajes de remoción alcanzados para DQO fueron 98%, 92.3% y 91.8% a un pH de 4.57, 7 y 6.9 respectivamente, en el caso de la eliminación del color se logró un 100%, 99% y 98.5% con un pH de 22, 8 y 4.5 respectivamente.

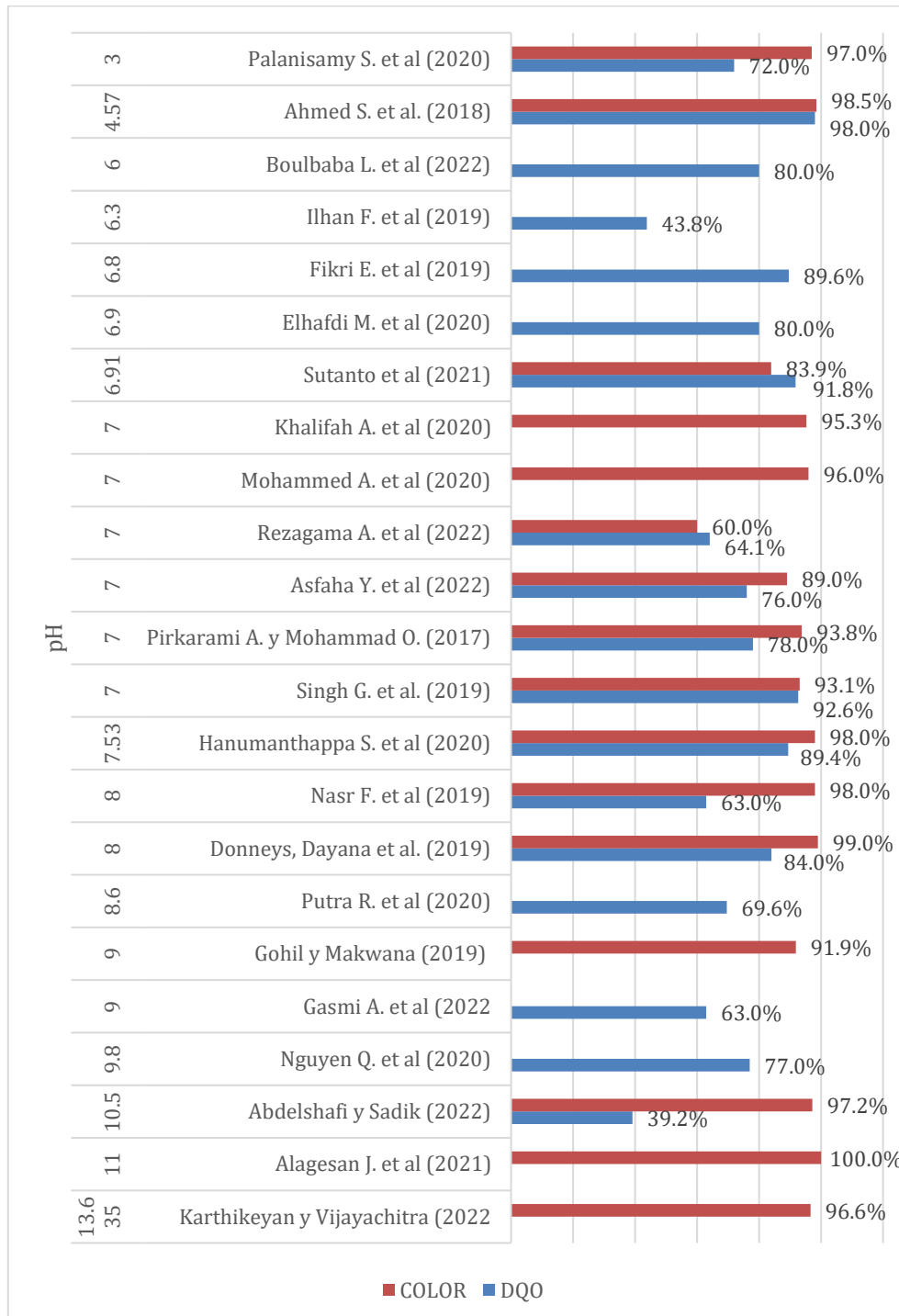


Figura 27. Relación del pH con los porcentajes de remoción de DQO y color.

En la figura 28, se concluye que los mejores porcentajes de remoción alcanzados para DQO fueron 98%, 92.3% y 91.8% en un tiempo de 10, 20 y 30 minutos respectivamente, en el caso de la eliminación del color se logró un 100%, 99% y 98.5% con un tiempo de 6, 150 y 10 minutos respectivamente. Se concluye que 45 minutos es el tiempo más adecuado para ambos contaminantes, tiempos superiores no consiguen variaciones importantes de los resultados, pero si un consumo mayor de energía eléctrica.

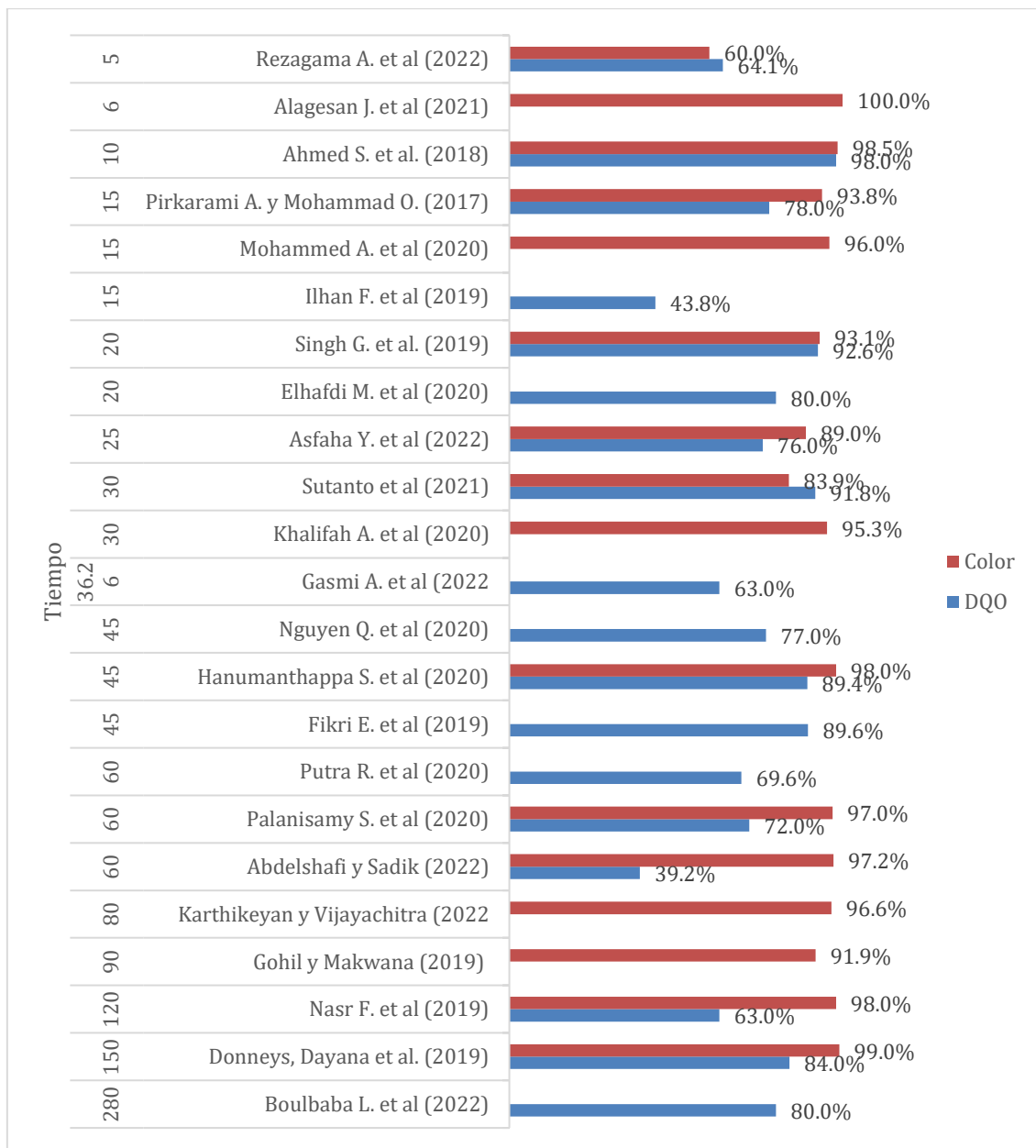


Figura 28. Relación del tiempo con los porcentajes de remoción de DQO y color.

En la figura 29, se concluye que los mejores porcentajes de remoción alcanzados para DQO fueron 92.8% y 89.4%, a un tiempo de 18 voltios respectivamente, en el caso de la eliminación del color se logró un 100%, 98% a un tiempo de 4 y 118 voltios respectivamente. Se concluye que 18 voltios es el voltaje más adecuado para ambos contaminantes, voltajes superiores no consiguen variaciones importantes de los resultados.

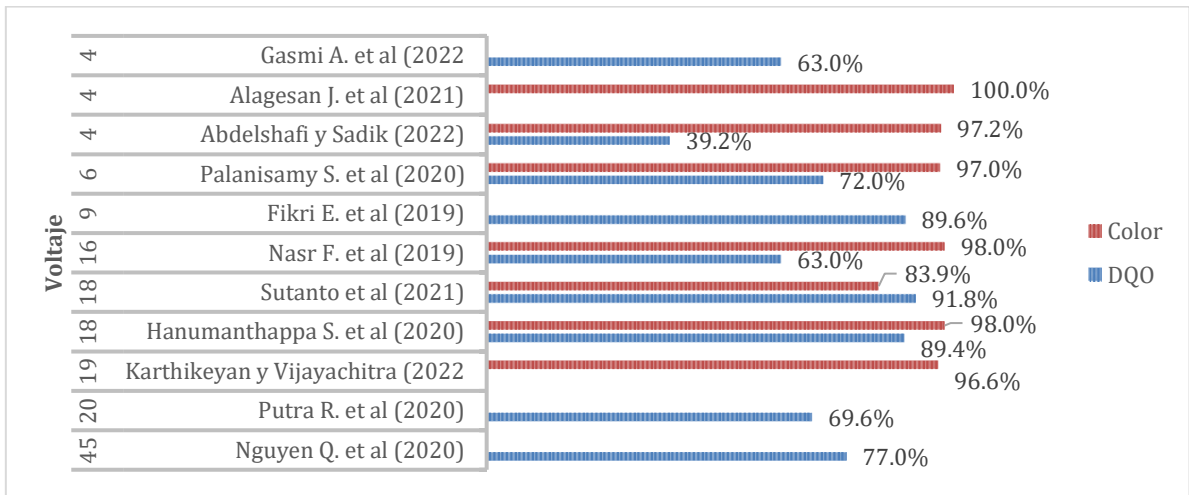


Figura 29. Relación del voltaje con los porcentajes de remoción de color y DQO.

En la figura 30, se concluye que los mejores porcentajes de remoción alcanzados para DQO fueron 92.6%, a una intensidad de corriente de 30 amperios, en el caso de la eliminación del color se logró un 100%, 98% a una intensidad de corriente de 2 amperios.

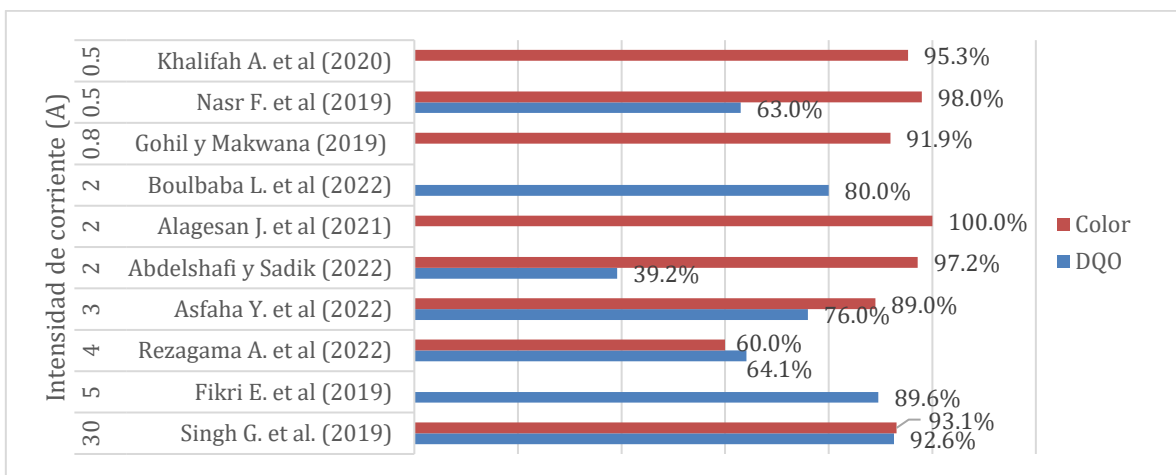


Figura 30. Relación de la intensidad de corriente con porcentajes de remoción.



En la figura 31, se concluye que los mejores porcentajes de remoción alcanzados para DQO fueron 92.6 %, con una densidad eléctrica de 13.5 mA/cm<sup>2</sup>, en el caso de la eliminación del color se logró un 100%, con una densidad eléctrica de 4 mA/cm.

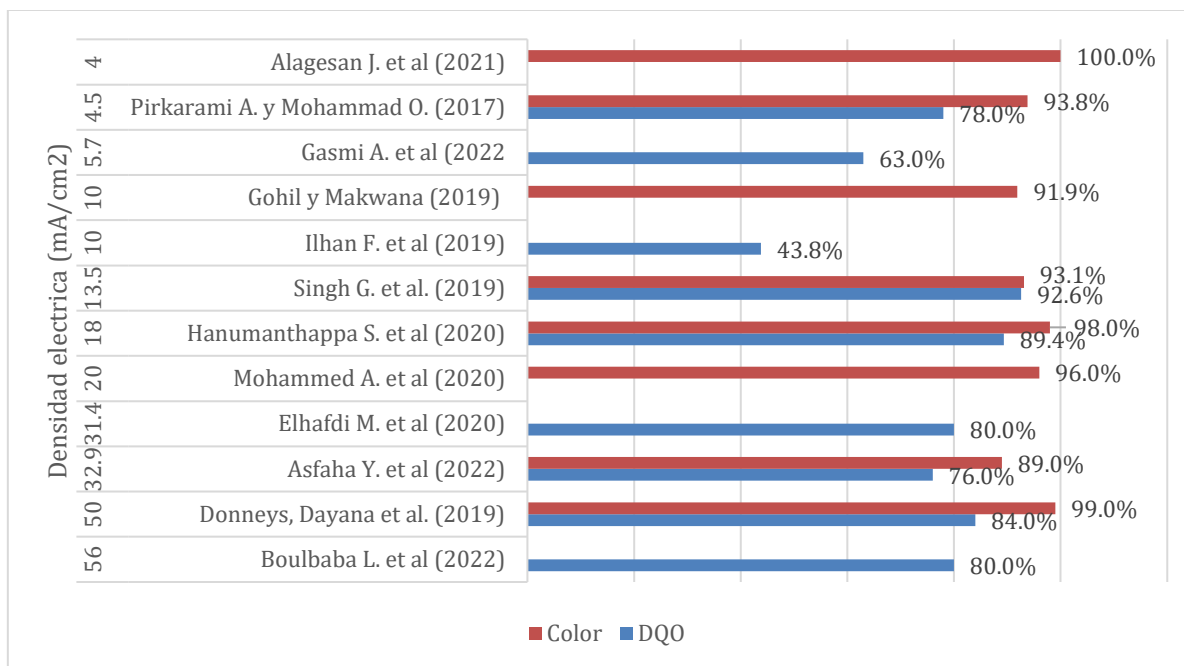


Figura 31. Relación de la densidad eléctrica con los porcentajes de remoción.

En la figura 32, se concluye que el mejor porcentaje de remoción alcanzado para Turbidez fue del 99%, en una muestra con menor concentración inicial, es decir a menor concentración inicial de turbidez mejor la eficiencia del proceso.

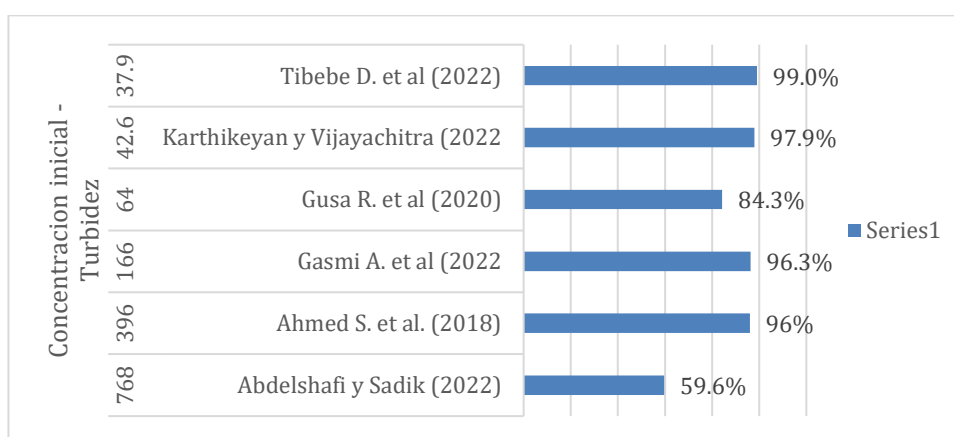


Figura 32. Relación entre la concentración inicial y los porcentajes de remoción de turbidez.

En la figura 33, se concluye que los mejores porcentajes de remoción alcanzados para DQO fueron 98% y 92.6 %, con concentraciones iniciales de DQO de 990 mg/m<sup>3</sup> y 514 mg/m<sup>3</sup> respectivamente, de acuerdo con los resultados se observa que la concentración inicial no afectaría de manera importante la eficiencia del proceso, para la remoción de DQO.

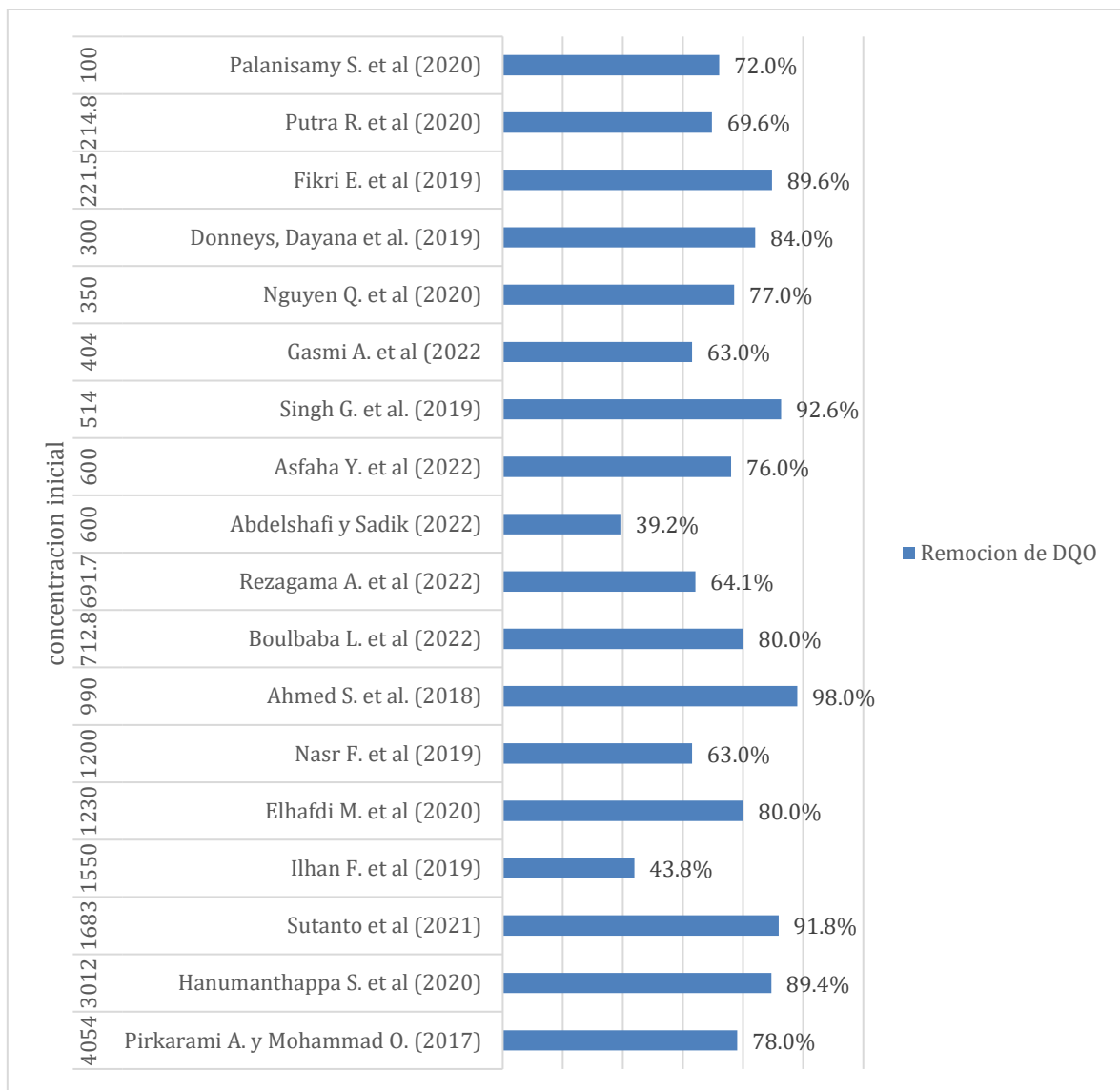


Figura 33. Relación entre la concentración inicial y los porcentajes de remoción de turbidez.

En la figura 34, se concluye que los mejores porcentajes de remoción alcanzados para Color fueron 100% y 99%, con concentraciones iniciales de DQO de 100 mg/m<sup>3</sup> y 300 mg/m<sup>3</sup> respectivamente, de acuerdo con los resultados se observa que la concentración inicial no afectaría de manera importante la eficiencia del proceso, para la remoción de DQO. Cabe indicar que cada experimento se realizó en condiciones operativas distintas.

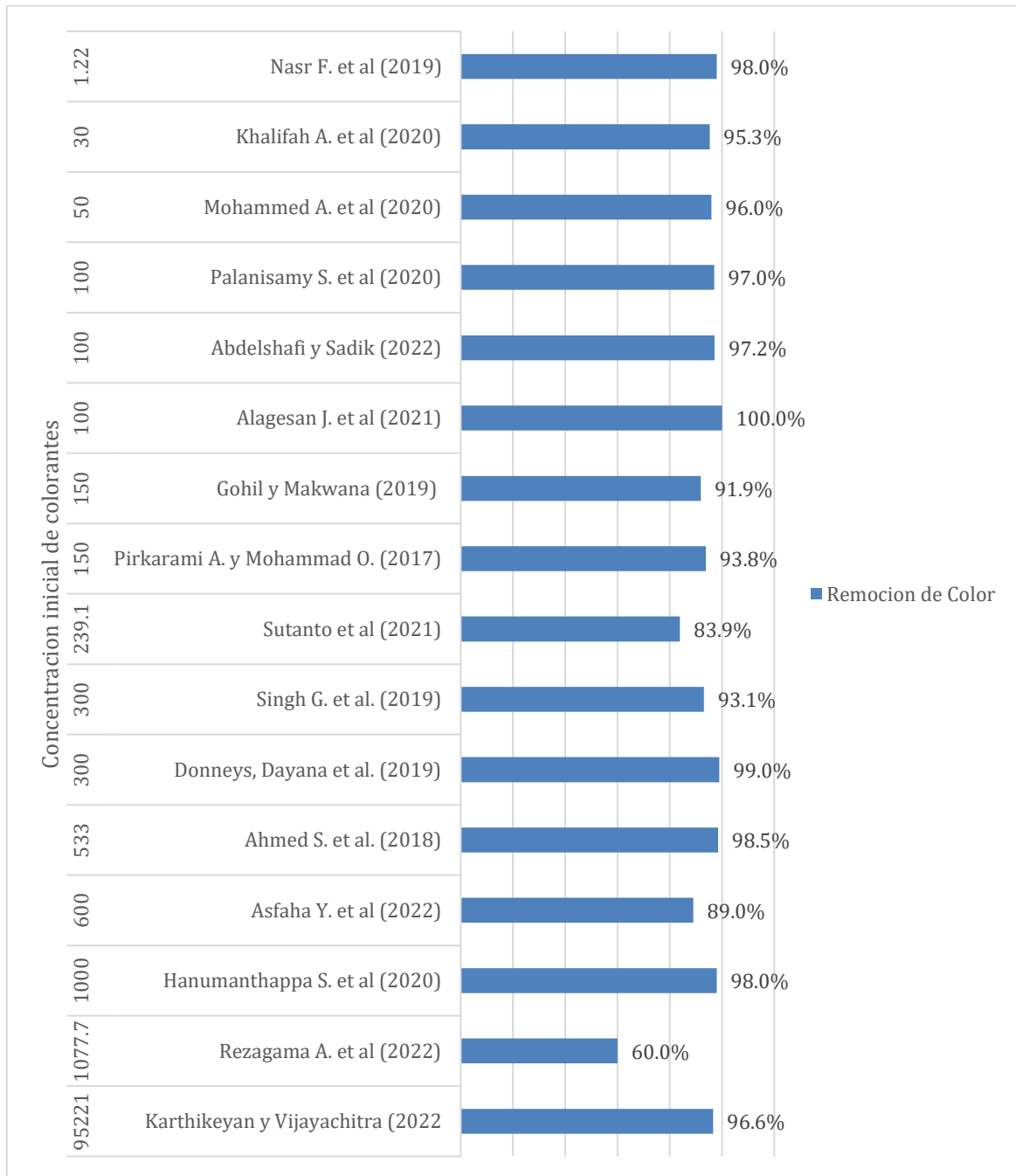


Figura 34. Relación entre la concentración inicial y los porcentajes de remoción de Color.

## META-ANÁLISIS

Para el meta-análisis como se muestra en la tabla 10, se realizó una síntesis de los datos obtenidos de siete artículos que trataron de reducir el parámetro DQO en concentraciones iniciales iguales aplicando la técnica de electrocoagulación con diferente tiempo de proceso, en las mismas condiciones operacionales. Para considerar si existe relación entre el tiempo de electrolisis y el porcentaje de remoción de DQO en efluentes textiles.

Tabla 10. Datos de las investigaciones para la realización del meta-análisis.

Autor	Tratamiento EC con mayor tiempo de aplicación			Tratamiento EC con menor tiempo de aplicación		
	C. inicial (mg/L)	C. final (mg/L)	Tiempo	C. inicial (mg/L)	C. final (mg/L)	Tiempo
Gasmi A. et al. (2022)	404	149	60 min	404	256	20 min
Asfaha Y. et al. (2022)	600	256	35 min	600	318	5 min
Abdelshafi y Sadik (2022)	600	365	40 min	600	570	20 min
Hanumanthappa S. et al. (2020)	3012	256	45 min	3012	768	5 min
Nguyen Q. et al. (2020)	350	138	60 min	350	235	10 min
Ilhan F. et al. (2019)	1550	1066	25min	1550	1205	5 min
Nasr F. et al. (2019)	1200	444	60 min	1200	840	20 min

En la figura 35, se muestran las siete investigaciones incluidas en el metaanálisis.

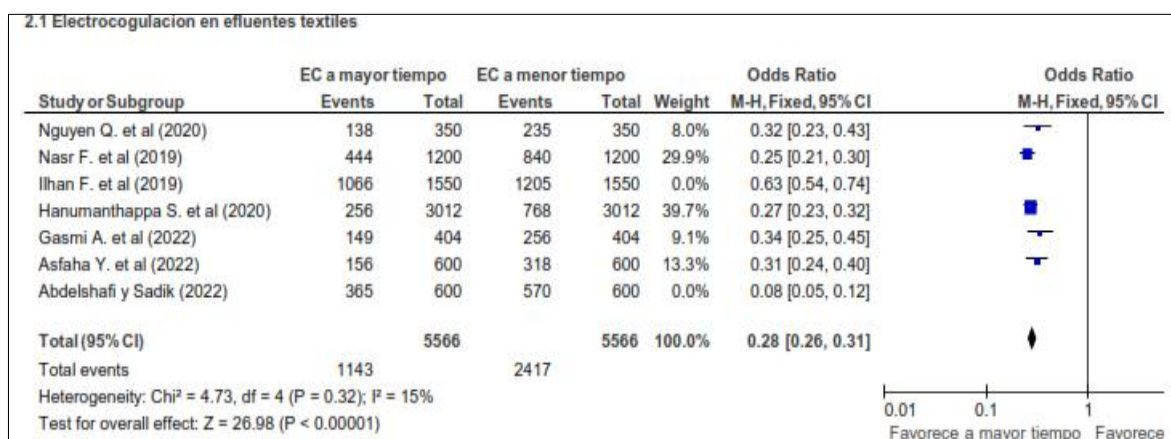


Figura 35. Meta-análisis de los tratamientos 1 y 2.

Para realizar la correcta interpretación de la razón momios (Odd ratio) se establecieron los intervalos:

Odds < 1: El tratamiento 1 presenta mayor eficiencia de remoción.

Odds > 1: El tratamiento 2 presenta menor eficiencia de remoción.

Odds = 1: El tratamiento no presenta ninguna variación con las concentraciones.

Asimismo, se puede observar en la figura 39, que el valor final o total de Odd ratio es de 0.28 en un rango de 0.26 a 0.31, esto se interpreta como que el tratamiento 1 incrementa el porcentaje de remoción de DQO. Las investigaciones incluidas evidenciaron una heterogeneidad estadística moderada  $P=0.32$  e  $I^2=15\%$  esto indica que los resultados de ambos tratamientos presentan heterogeneidad baja. Respecto a los valores de peso (Weight), Hanumanthappa S. et al (2020) y Nasr F. et al (2019) presentaron mayor porcentaje 39.7% y 29.9% respectivamente.

En la figura 36, se observa que el tratamiento 1 obtiene mejores porcentajes de remoción en todos los casos.

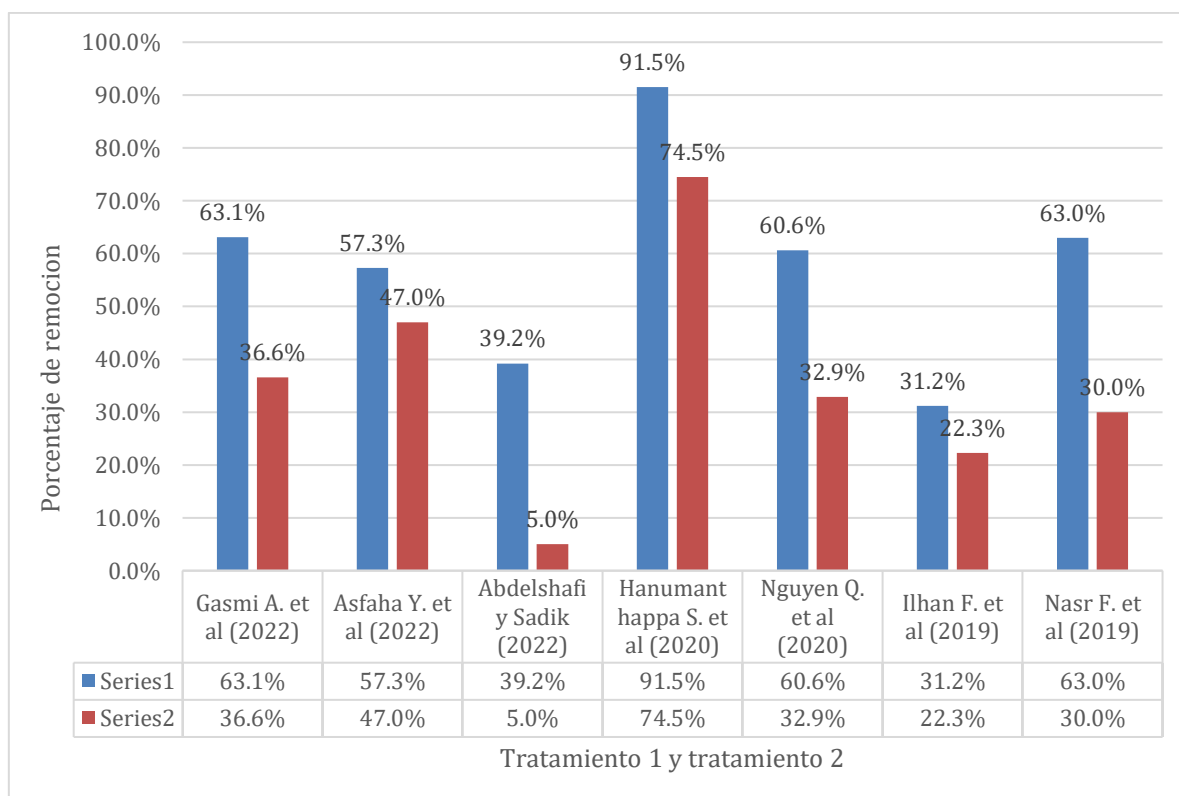


Figura 36. Porcentaje de eliminación de DQO del tratamiento 1 y 2.

En la figura 37, se observa la comparación de concentración inicial, final, realizados por el tratamiento 1 y 2.

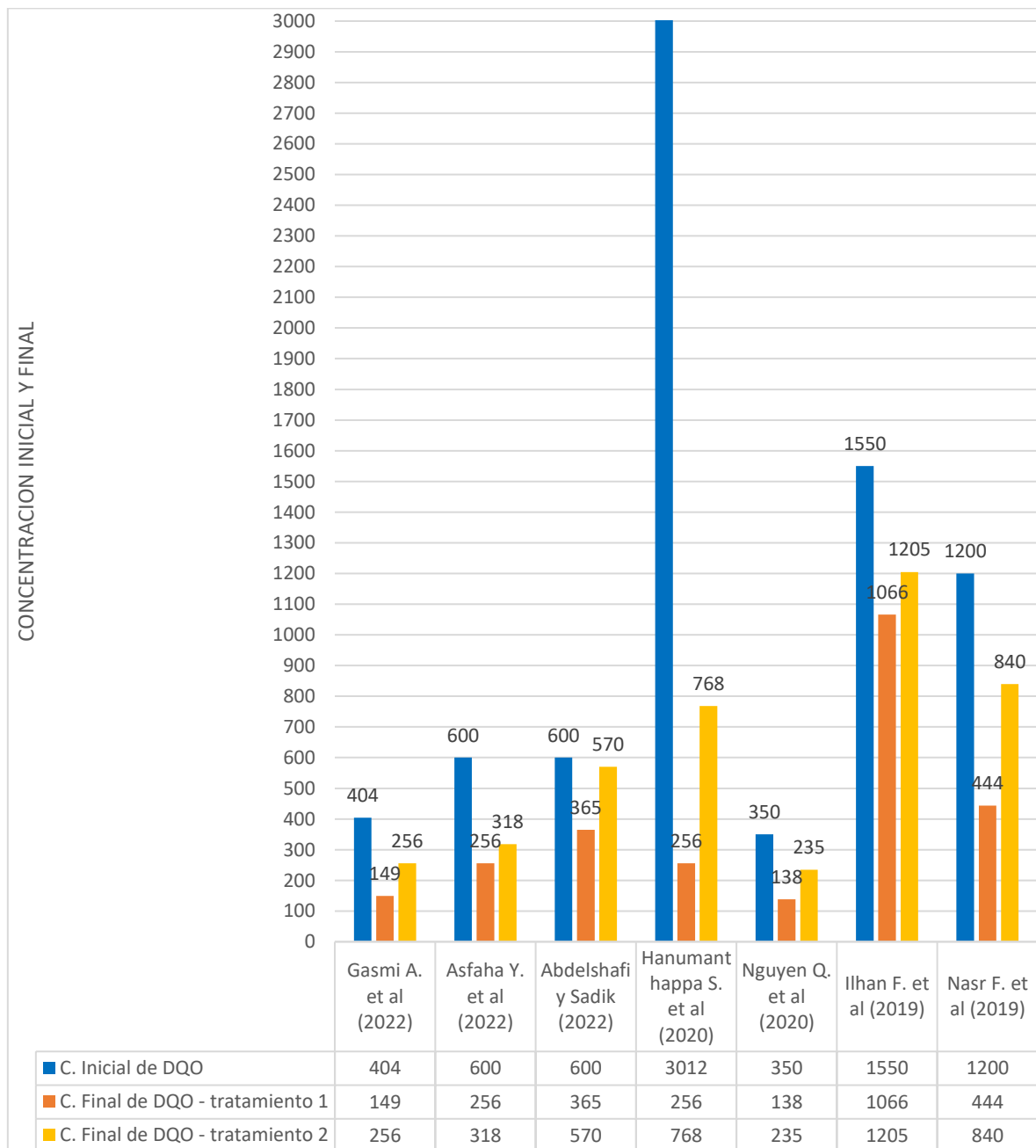


Figura 37. Comparación de la concentración inicial y final de DQO del tratamiento 1 y 2.

## **V. DISCUSIÓN**

De los 25 artículos seleccionados, se evidenciaron aspectos resaltantes sobre el proceso de electrocoagulación para el tratamiento de efluentes textiles, entre muchos aspectos se pudo observar la variabilidad de la técnica en su implementación, así como la modificación de los parámetros operacionales para lograr una mejor eficiencia en la remoción de contaminantes presentes en estos efluentes. Según el meta-análisis los artículos seleccionados, se obtuvo como resultado que tanto la corriente aplicada a la celda EC y el tiempo del tratamiento están directamente relacionadas con la eficiencia del proceso por tanto la electrocoagulación en condiciones operacionales adecuadas remueve altos porcentajes de DQO, se observó una heterogeneidad moderada, debido a la variabilidad de los datos encontrados. Cada autor en sus investigaciones nos brindó información relevante para resolver nuestros objetivos.

### **5.1 Características de la técnica de electrocoagulación en el tratamiento de efluentes textiles**

En esta investigación fueron analizadas las características físicas en la implementación de una celda para proceso de electrocoagulación (EC). La técnica de electrocoagulación utiliza una celda electroquímica donde contiene a los electrodos y donde se realiza el proceso de electrolisis (Gasmi A. et al., 2022), de acuerdo a las investigaciones analizadas, 84% de las investigaciones utilizaron reactores con flujo continuo obteniendo altos resultados de remoción de color, DQO y turbidez, (Alagesan J. et al., 2021; Karthikeyan y Vijayachitra 2022, Sutanto et al., 2021, Ahmed S. et al., 2018), resultados similares se obtuvieron en reactores de flujo discontinuo (Singh G. et al., 2019; Tibebe D. et al., 2021 y Donneys Dayana. et al., 2019), los resultados no revelan una diferencia importante entre ambos factores, además que no hay evidencia clara de una mejor eficiencia debido a que se realizan con parámetros operacionales distintos.

Con referencia al tipo de conexión tanto para el tipo monopolar y bipolar según, Abdelshafi y Sadik, 2022, la conexión Monopolar en paralelo demuestra mayor eficiencia para la remoción de color, debido a que disminuye la diferencia de potencial y el tiempo de decoloración por tanto un menor consumo de energía que la conexión monopolar en serie y bipolar. Sin embargo, Donneys Dayana. et al., 2019; Tibebe D. et al., 2021; Ahmed S. et al., 2018, lograron resultados similares con conexión bipolar, según Gohil, C. y Makwana, A. (2019), en el tipo monopolar los flóculos de hidróxido de metal se agotan fácilmente cuando existe mayor concentración de tintes o colorantes, además, el 68% de investigaciones realizadas utilizan la conexión tipo bipolar en sus experimentos debido a que requiere una implementación es más sencilla (Pirkarami A. y Mohammad O. 2017; Gohil y Makwana 2019). Sin embargo, no se encontraron diferencias importantes entre ambos tipos de conexión en relación con la eficiencia del proceso

En el caso de los electrodos, según los autores hacen incidencia en que la eficiencia del proceso se ve afectada directamente la calidad y el material del electrodo, la distancia entre ellos (Abdelshafi y Sadik 2022; Sutanto et al., 2021; Khalifah A. et al., 2020; Mohammed A. et al., 2020 y Palanisamy S. et al., 2020)) y su cantidad o número de electrodos presente en una celda (Fikri E. et al., 2019 y Gusa R. et al 2020) como factores más influyentes.

En referencia al material del electrodo, el aluminio y el acero son los materiales más adecuados para las celdas en el tratamiento de efluentes textiles (Nasr F. et al., 2019; Fikri E. et al., 2019; Palanisamy S. et al., 2020 y Nguyen Q. et al., 2020) Si bien los electrodos de acero presentan los mejores porcentajes de remoción altos de color, (Abdelshafi y Sadik 2022; Karthikeyan y Vijayachitra 2022), el aluminio como material de electrodo logró mejores porcentajes de remoción de DQO, Turbidez, SST y TDS (Ahmed S. et al., 2018, Tibebe D. et al., 2021, Singh G. et al., 2019; Sutanto et al., 2021 Y Fikri E. et al., 2019, Gusa R. et al., 2021). Según Elhafdi M. et al (2020), si se elige el material del electrodo adecuado se puede controlar la eficiencia del proceso y reducir el costo económico. Los electrodos de aluminio son muy requeridos ya que se obtienen efluentes incoloros, además su



consumo de energía y la degradación del metal es menor (Gasmi A. et al., 2020; Ilham F. et al., 2019)

En el caso de la distancia entre electrodos, según Sutanto et al (2021); Khalifah A. et al (2020) y Mohammed A. et al (2020), la distancia de electrodos influye en la resistencia de la corriente eléctrica y afecta la eficiencia del proceso. Para Khalifah A. et al., 2020, 4 cm es la distancia adecuada, sin embargo, Pirkarami A. y Mohammad O., 2017; Ahmed S. et al., 2018; Hanumanthappa S. et al., 2020; Singh G. et al., 2019 y Nasr F. et al., 2019, evidencian que consiguieron mejores resultados a una distancia de 1 cm entre los electrodos. El aumento adicional en la separación de electrodos, por encima del valor óptimo disminuye la disolución anódica y aumenta la distancia que recorren los iones, lo que conduce a deficiencias en el proceso (Putra R. et al., 2020).

En el caso del número de electrodos, la investigación de Ahmed S. et al., 2018, logro el máximo porcentaje de remoción de DQO utilizando electrodos especiales, un ánodo rotatorio y 11 anillos como cátodo separados por 1 cm, sin embargo es poca la información obtenida que sustente que esta tipo de electrodo sea más efectivo que las placas que usualmente se utilizan, cabe indicar que deberían realizarse más investigaciones sobre el tipo de electrodo rotatorio y de malla, Por tanto para este caso se tomara en cuenta los valores obtenidos por que utilizaron 5 electrodos de aluminio (Singh J. et al., 2019), 8 placas de electrodos de aluminio (Sutanto et al., 2019) y 4 de acero (Hanumanthappa S. et al., 2020) que obtuvieron resultados similares, las investigaciones no han presentado evidencia de una mejora importante en la eficiencia del proceso EC en efluentes textiles (Gusa R. et al., 2020 y Fikri E. et al., 2019), por el contrario si generó un aumento significativo en el consumo eléctrico, por eso se concluye que 5 electrodos es lo más recomendado (Singh J. et al., 2019) y 4 para el color (Alagesan J. et al., 2021, Nasr F. et al., 2021 y Abdelshafi y Sadik 2022), 2 para Turbidez (Tibebe D. et al., 2022, Gasmi A. et al., 2019), 2 para SST (Pirkarami A. y Mohammad O. 2017), 6 para TDS (Gusa R. et al., 2020).

## 5.2 Características del proceso de electrocoagulación en el tratamiento de efluentes textiles

La electrocoagulación es un proceso electroquímico que a través de reacciones electrolíticas generan coagulantes, floculantes y luego la sedimentación de flóculos del agua (Tibebe D. et al., 2022). La eficiencia de la electrocoagulación depende de varios indicadores, según lo analizado los parámetros más importantes o donde los investigadores tuvieron más incidencia es en la Intensidad de corriente, tiempo de tratamiento y en menor interés el pH, como nos dice Asfaha Y. et al 2022 y Palanisamy S. et al., 2020. El 92% de los investigadores no tomaron en cuenta la importancia de la temperatura en los experimentos y la conductividad eléctrica se ha mantenido en el rango de los valores de los efluentes textiles reales.

Efecto del pH, influye en el mecanismo de coagulación, por tanto, el rendimiento se ve afectado de acuerdo con sus valores iniciales como se observó en la mayoría de los estudios que evaluaron este parámetro, un rango de 6-8 es el adecuado para el tratamiento de efluentes textiles. Estos valores de pH permitieron alcanzar valores altos en la remoción de contaminantes de aguas tratadas con electrocoagulación (Asfaha Y. et al., 2022; Boulbaba L. et al 2022; Tibebe D. et al., 2022; Sutanto et al., 2021; Elhafdi M. et al., 2020) por otro lado, Gasmi A. et al., 2022 y Abdelshafi y Sadik (2022); lograron buenos resultados con trabajos realizados utilizando un pH mayor de 9 y Ahmed S. et al., 2018 utilizó un pH de 4.7 ácido obteniendo el mayor porcentaje de remoción de DQO, sin embargo el proceso se realizó con electrodos rotatorios que pudieron afectar el desempeño de la eficiencia. sin embargo, no consiguieron diferencias importantes en la eficiencia de eliminación de contaminantes. Cabe indicar que un pH más alcalino es más eficiente para remover ciertos tipos de concentraciones de tinte de textilería.

El efecto de la corriente eléctrica en el proceso de electrocoagulación controla la producción de coagulantes, la producción de hidróxidos regula la velocidad de la formación y volumen de las burbujas y afecta el crecimiento de los flóculos (Sutanto et al., 2021), si se presentan valores muy elevados de la densidad de corriente, podría alterar la dosis óptima del proceso de electrocoagulación y con ello reducir

el porcentaje de efectividad (Boulbaba L. et al., 2022). Según Gasmi A. et al., 2022, la eficiencia del proceso aumenta con el voltaje aplicado hasta 10 v aproximadamente, luego por arriba de este valor la remoción se mantiene constante o no afecta significativamente la eficiencia de la eliminación de DQO de efluentes textiles reales o simulados. Sin embargo, Sutanto et al., 2021; Hanumanthappa S. et al., 2020; Elhafdi M. et al., 2020, lograron mejores resultados utilizando 18 v, por otro lado, Nguyen et al., 2021, aplicó 45 v en su trabajo experimental, logrando menor eficiencia que los autores antes mencionados. Según lo analizado en las investigaciones el voltaje adecuado es menor a 18 v (Fikri E. et al., 2019; Sutanto et al., 2021; Hanumanthappa S. et al., 2020; Palanisamy S. et al., 2020; Alagesan J. et al., 2021) para obtener mejores resultados en la reducción de DQO, colorantes, SST y turbidez, La densidad de corriente determina la cantidad de coagulante, el desarrollo del floculo la formación y el tamaño de las burbujas sin embargo están ligados a otros parámetros como el tiempo de electrolisis para una optimización del proceso.

El efecto del tiempo de electrólisis es determinante sobre la eliminación de DQO, color y otros parámetros presentes en efluentes textiles. Se observa una inclinación comparable en la eficiencia de eliminación del color y la DQO con el aumento del tiempo de electrólisis (Boulbaba L. et al., 2022), este afecta la eficiencia del tratamiento del sistema porque determina la producción de iones  $Al^{3+}$  e hidroxilo (Sutanto et al., 2021). En el caso del DQO la mayor eficiencia se observó entre 10 y 45 minutos (Sutanto et al., 2021; Ahmed S. et al., 2018; Singh G. et al., 2019; Hanumanthappa S. et al., 2020; Elhafdi M. et al., 2020).

Después de 45 min de tiempo de electrólisis, el porcentaje de eliminación de DQO se redujo o se mantuvo sin remover concentraciones de manera significativa (Donneys D. et al., 2019; Abdelshafi y Sadik, 2022; Boulbaba L. et al., 2022; Nasr F. et al., 2019; Putra R. et al., 2020). Aumentar el tiempo de electrólisis más allá de 60 min no muestra un impacto significativo en la eficiencia de eliminación de DQO en el proceso EC, por el gasto energético y consumo eléctrico (Gusa R. et al., 2020). A partir de los resultados se puede concluir que el tiempo óptimo para tratar la DQO presente en la industria textil sería entre 10 y 45 minutos. La remoción después de

45 min no es significativo, podría deberse a la pasivación catódica y la producción de especies electro coagulantes monoméricas (Asfaha Y. et al., 2022). Boulbaba L. et al., 2022, trató concentraciones de DQO durante 280 minutos, sin embargo, los mejores resultados lo lograron Ahmed S. et al., 2018; Sutanto et al., 2021 y Singh G. et al., 2019; logrando mejores resultados en menor tiempo (10-45 minutos).

En el caso del color las investigaciones obtuvieron buenos porcentajes de remoción, pero la eficiencia en la cantidad de concentración removida no sólo dependía de los parámetros operacionales, sino también, de la cantidad de concentración inicial del efluente; es decir a mayor concentración inicial del color, es mayor la eficiencia de eliminación. La eliminación de concentración de color aumenta cuando se aplica un tiempo de electrólisis de 80 y 120 min (Hanumanthappa S. et al., 2020; Karthikeyan y Vijayachitra, 2022). Por otro lado, Alagesan J. et al., 2021, logró casi un 100% de remoción de color, pero en efluentes con concentraciones iniciales muy bajas.

Se recomienda un tiempo efectivo de hasta 45 minutos para remover el color (Alagesan J. et al., 2021; Abdelshafi y Sadik, 2022; Mohammed A. et al., 2020; Khalifah A. et al., 2020; Pirkarami A. y Mohammad O., 2017; Rezagama A. et al., 2022). Además, los resultados indican que, aunque el tiempo de electrólisis aumenta, los contaminantes disueltos restantes son difíciles de eliminar o lleva mucho tiempo para ser removidos con procesos EC. (Tibebe D. et al., 2022; Gohil y Makwana, 2019).

En el caso de la adición de electrolitos (NaCl) aumenta la densidad de corriente del reactor a un mismo voltaje aplicado la mayor concentración de electrolito resultó en una ligera eficiencia de eliminación de color y DQO Alagesan J. et al., 2021; Abdelshafi y Sadik, 2022; Mohammed A. et al., 2020; Khalifah A. et al., 2020; Pirkarami A. y Mohammad O., 2017; Rezagama A. et al., 2022)

Para el caso de la concentración inicial de contaminantes, para ciertos tipos de colorantes a mayor concentración inicial, mayor eficiencia. (Alagesan J. et al., 2021, Alagesan Y. et al., 2021, Gohil C y Makawana A. et al., 2019) nos dice que

la concentración de colorante decolorado aumentó con el aumento de la concentración de colorantes azoicos. A alta concentración inicial de colorante mayor eficiencia. Para los otros tipos de colorantes, DQO, Turbidez, SST, la mayor concentración inicial afecta negativamente la eficiencia del proceso. (Hanumanthappa S. et al., 2020; Karthikeyan y Vijayachitra, 2022).

### **5.3 Niveles de remoción de contaminantes de la técnica de electrocoagulación de efluentes textiles**

De acuerdo a los artículos científicos revisados sobre la aplicación de la técnica de electrocoagulación en efluentes textiles, concluimos que es una técnica eficiente para remover los principales contaminantes de los efluentes de la industria textil, además podemos colegir que la electrocoagulación logra más del 80% de eficiencia para la remoción de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) (Mohammed A. et al., 2020; Fikri E. et al., 2020; Donneys, Dayana et al., 2019), de las 25 investigaciones revisadas, sólo 2 obtuvieron resultados menores al 40% (Abdelshafi y Sadik; 2022; Ilhan F. et al., 2019), la mayor remoción de DQO fue de 98% (Ahmed S. et al., 2018) en comparación a los resultados de las otras investigaciones, el autor utilizó un pH 6 y 10 minutos de proceso, si bien cada autor en su investigación optimizó los parámetros operativos de acuerdo a los objetivos particulares de cada estudio. Nguyen Q. et al., 2020; Gasmi A. et al., 2022; Asfaha Y. et al., 2022, concluyeron que la eficiencia del proceso también depende de la concentración inicial y del tipo de efluente tratado, por tanto, solo es referencial la diferencia entre porcentajes, lo que sí está demostrado es la alta capacidad de remover la DQO, a través del proceso EC.

En el caso del color, que es un contaminante del agua presente principalmente a causa de los teñidos textiles, casi todos los investigadores lograron más del 90% de decoloración en condiciones óptimas. Según el metaanálisis indica que, a mayor concentración inicial del color, mayor es la respuesta de eliminación de la electrocoagulación. Existen colorantes que son difíciles de remover en comparación con otros (Rezagama A. et al 2022; Sutanto A. et al., 2021). Sin embargo, es visible que la EC elimina el color de manera eficiente.

Para la Turbidez se logró más del 90% de remoción en efluentes textiles reales (Gusa R. et al., 2020; Karthikeyan y Vijayachitra 2022; Gasmi A. et al., 2022; Tibebe D. et al., 2022), lo que nos muestra que la técnica de la electrocoagulación es muy eficiente para remover este parámetro. En el caso de los sólidos totales y disueltos, Pirkarami A. y Mohammad O., 2017; Ahmed S. et al., 2018, obtuvieron un 97% de eficiencia en remover estas concentraciones respectivamente, sin embargo, Gasmi A. et al; 2022 solo pudo remover un 11 % esto se debe a la concentración inicial de la muestra que, en este caso, la concentración inicial del parámetro TDS (Sólidos disueltos totales) era mayor que la concentración inicial tratada por los anteriores investigadores. Sin embargo, los resultados del porcentaje de remoción siguen siendo muy buenos para el tratamiento de TDS (Sólidos disueltos totales) en efluentes textiles (Ahmed S. et al. (2018).

## VI. CONCLUSIONES

La electrocoagulación en condiciones operativas óptimas es eficiente en la remoción de contaminantes de efluentes industriales textiles como la turbidez, DQO, Color y SST principalmente, mediante un proceso electroquímico el cual no es muy complejo en su implementación, no genera grandes costes económicos y es amigable con el medio natural.

Las características de la electrocoagulación aplicadas a efluentes textiles, consta de un reactor tipo Batch de flujo discontinuo, donde se realiza el proceso de electrólisis, el cual contiene una fuente de alimentación y 4 electrodos (ánodo y cátodo), una distancia de 1 cm conectados de forma bipolar. Los más eficientes son los de aluminio para remover la DQO, SST y Turbidez; y los de acero para remover colorantes.

En el procedimiento de la electrocoagulación las condiciones óptimas para mejorar la eficiencia del proceso en el tratamiento de efluentes textiles son: un voltaje promedio de 18 voltios, un tiempo promedio de 45 minutos y un pH valor de 7, la adición de electrolitos (NaCl) aumenta ligeramente la eficiencia para la remoción de color y DQO, en menor concentración inicial de contaminantes es mayor el porcentaje de remoción a excepción de algunos colorantes azoicos.

El tratamiento de electrocoagulación aplicado en aguas residuales textiles es eficiente en la remoción de más del 90% de DQO, Turbidez, SST, y más del 99% de colorantes.

A través del meta-análisis se concluyó que el tiempo influye directamente proporcional al porcentaje de remoción de DQO hasta los 60 minutos.

## **VII. RECOMENDACIONES**

- Realizar nuevas investigaciones sobre nuevos tipos de materiales de electrodos y adición de electrolitos orgánicos para el tratamiento mediante electrocoagulación de efluentes textiles.
- Realizar más investigaciones referentes a energías alternativas y de bajo consumo económico que puedan ser complementadas al proceso de electrocoagulación de efluentes textiles.
- Ampliar la variedad de parámetros que se puedan evaluar en el tratamiento por electrocoagulación de efluentes textiles
- Las nuevas investigaciones sobre la aplicación de electrocoagulación en efluentes textiles industriales deben presentar claramente los datos iniciales de implementación y operación de todos los parámetros del proceso.



## REFERENCIAS

ABDELSHAFI, N. y SADIK, M. Environment - friendly processes: electrocoagulation and activated carbon filtration for reuse of textile wastewater. *Egyptian Journal of Chemistry* [en línea]. 64, 8, 2021. [fecha de consulta: 5 de septiembre de 2022]. Disponible:

<https://doi.org/10.21608/EJCHEM.2021.63363.3358>

ADANE T. *et al.* Textile Industry Effluent Treatment Techniques. *Journal of Chemistry. New York* [en línea]. 2019. [Fecha de consulta: 1 de mayo de 2022]. Disponible:

<https://www.proquest.com/docview/2559338720/fulltextPDF/358538F3593747E2PQ/88?accountid=37408>

AHMED S. *et al.* Treatment of textile wastewater using a novel electrocoagulation reactor design. *Global NEST Journal* [en línea]. 20, 3, diciembre 2018 [Fecha de consulta: 1 de noviembre de 2022]. Disponible en:

<https://doi.org/10.30955/gnj.002519>

ALAGESAN J. *et al.* Influence of number of azo bonds and mass transport limitations towards the elimination capacity of continuous electrochemical process for the removal of textile industrial dyes. *ELSEVIER* [en línea]. 262, enero 2021 [Fecha de consulta: 1 de noviembre de 2022]. Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.128381>

AL-QODAH Z. *et al.* On the performance of electrocoagulation-assisted biological treatment processes: a review on the state of the art. *Environmental Science and Pollution Research International; Heidelberg* [en línea]. 26, 28, octubre 2019. [Fecha de consulta: 1 de mayo de 2022]. Disponible:

<https://www.proquest.com/docview/2272986622/652A28EC23BC4B00PQ/42?accountid=37408>

AFANGA, Hanane *et al.* Integrated electrochemical processes for textile industry wastewater treatment: system performances and sludge settling characteristics. *Sustainable Environment Research* [en línea]. 30, 1, enero 2020. [Fecha de consulta: 1 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s42834-019-0043-2>

ASFAHA Y. *et al.* Investigation of cotton textile industry wastewater treatment with electrocoagulation process: performance, mineralization, and kinetic study. *Water Sci Technol* [en línea]. 85, 5, 1 de marzo de 2022. [Fecha de consulta: 1 de septiembre de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.2166/wst.2022.061>

BAMERI, Iran *et al.* Synthesis of magnetic nano-NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> with the assistance of ultrasound and its application for photocatalytic degradation of Titan Yellow: Kinetic and isotherm studies. *Colloid and Interface Science Communications* [en línea]. 48, 100610, [Fecha de consulta 22 de marzo 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.colcom.2022.100610>

BEHNAZ, Naraghi *et al.* Removal of Reactive Black 5 dye from aqueous solutions by coupled electrocoagulation and bio-adsorbent Process. *Physician* [en línea]. 10, 7, JULIO 2018. [Fecha de consulta: 1 de mayo de 2022]. Disponible en: [https://www.academia.edu/52696015/Removal\\_of\\_Reactive\\_Black\\_5\\_dye\\_from\\_aqueous\\_solutions\\_by\\_coupled\\_electrocoagulation\\_and\\_bio\\_adsorbent\\_process](https://www.academia.edu/52696015/Removal_of_Reactive_Black_5_dye_from_aqueous_solutions_by_coupled_electrocoagulation_and_bio_adsorbent_process)

ISSN: 2008-5842

BEYTULLAH, Eren *et al.* Removal of Reactive Black 5 from Polluted Solutions by Electrocoagulation: Modelling Experimental Data Using Artificial Neural Networks. *Sakarya University Journal of Science* [en línea]. Agosto 2020. [Fecha de consulta: 1 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.19082/7086>.

BHARATH, Mallesh. Review of Electrocoagulation Process for Wastewater Treatment. *Chem Tech* [en línea]. 11, 3, 2018. [fecha de consulta: 1 de mayo de 2022]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/324889375 A Review of Electrocoagulation Process for Wastewater Treatment](https://www.researchgate.net/publication/324889375_A_Review_of_Electrocoagulation_Process_for_Wastewater_Treatment)

BILIŃSKA, Lucyna *et al.* Wpływ Elektrokoagulacji Na Biodegradowalność Ścieków Włókienniczych. *Acta Scientiarum Polonorum: Biotechnologia* [en línea]. 17, 3, 2018. [Fecha de consulta: 1 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://biblioteka.wsb.poznan.pl/eds/recorddetail?db=asn&an=132648347>

BOULBABA, Louhichi *et al.* Treatment of textile industry effluents by Electro-Coagulation and Electro-Fenton processes using solar energy: A comparative study. *Chemical Engineering Journal* [en línea]. 4277, 131735, 2022. [Fecha de consulta: 1 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2021.131735>

BRAÑEZ, Marco *et al.* Contaminación de los ambientes acuáticos generados por la industria textil. *Escuela universitaria de posgrado UNFV* [en línea]. Julio – diciembre 2018. 23, 26. [Fecha de consulta: 1 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.24265/campus.2018.v23n26.03>

BUTLER, Erick *et al.* The effects of chemical coagulants on the decolorization of dyes by electrocoagulation using response surface methodology (RSM). *Applied Water Science; Heidelberg* [en línea]. 7, 5, septiembre 2017. [Fecha de consulta: 1 de mayo de 2022]. Disponible: <https://www.proquest.com/docview/1930727414/652A28EC23BC4B00PQ/21?accountid=37408>

CESTAROLLI, Dane *et al.* Removal of Eriochrome Black textile dye from aqueous solution by combined electrocoagulation–electroflotation methodology. *Applied Water Science; Heidelberg* [en línea]. 9, 4, junio 2019 [Fecha de consulta: 1 de mayo de 2022]. Disponible en:

<https://www.proquest.com/docview/2228615856/652A28EC23BC4B00PQ/17?accountid=37408>

ISSN:21905487

CHAIRUNNISAK, A. *et al.* Comparative study on the removal of COD from POME by electrocoagulation and electro-Fenton methods: Process optimization. *IOP Conference Series. Materials Science and Engineering; Bristol* [en línea]. 334, 1, marzo 2018. [Fecha de consulta: 1 de mayo de 2022].

Disponible:

<https://www.proquest.com/docview/2556881106/652A28EC23BC4B00PQ/55?accountid=37408>

ISSN: 1757899X

DEMIR, Aydeniz y GOREN, Nazim. Investigation of electrocoagulation and electro oxidation methods of real textile wastewater treatment. *Eskişehir Technical University Journal of Science And Technology A- Applied Sciences And Engineering* [en línea]. 20,1, 2019. [Fecha de consulta: 1 de mayo de 2022].

Disponible

en:

[https://www.researchgate.net/publication/332079797\\_investigation\\_of\\_electrocoagulation\\_and\\_electrooxidation\\_methods\\_of\\_real\\_textile\\_wastewater\\_treatment](https://www.researchgate.net/publication/332079797_investigation_of_electrocoagulation_and_electrooxidation_methods_of_real_textile_wastewater_treatment)

DEMIRCI, Yavuz y ÖZBEYAZ, Abdurrahman. Wastewater treatment in electrocoagulation systems: investigation of the impact of temperature using a fuzzy logic control algorithm. *Environmental Science and Pollution Research International; Heidelberg* [en línea]. 26, 30, octubre 2019. [Fecha de consulta: 1 de mayo de 2022].

Disponible:

<https://www.proquest.com/docview/2279117456/358538F3593747E2PQ/94?accountid=37408>

DONNEYS, Dayana *et al.* Removal of indigo carmine dye by electrocoagulation using magnesium anodes with polarity change. *Environ Sci Pollut Res* [en línea]. 26, 7164, 16 de enero de 2019. [Fecha de consulta:

1 de mayo de 2022]. Disponible en:  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7664678>

DONNEYS, Dayana *et al.* Electrocoagulation of indigo carmine dye solution with magnesium and AZ31 alloy anodes. *DYNA* [en línea]. 85, 206, septiembre de 2018. [Fecha de consulta: 1 de mayo de 2022]. Disponible en:  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7664678>  
ISSN 0012-7353

ELHAFDI, Mohammed *et al.* Electrocoagulation / electroflotation of real textile effluent: improvement of the process in nonconventional pilot external loop airlift reactor. *International Journal of Engineering Technologies and Management Research* [en línea]. 2020, 6(11), 43–58. [consultado en: el 2 de mayo de 2022]. Disponible en:  
[https://www.researchgate.net/publication/341143746\\_electrocoagulationelectroflotation\\_of\\_real\\_textile\\_effluent\\_improvement\\_of\\_the\\_process\\_in\\_nonconventional\\_pilot\\_external\\_loop\\_airlift\\_reactor](https://www.researchgate.net/publication/341143746_electrocoagulationelectroflotation_of_real_textile_effluent_improvement_of_the_process_in_nonconventional_pilot_external_loop_airlift_reactor)  
ISSN 2454-1907

FALLAH, Nur y GHAFARIAN, Atousa. Comparison of sludge settling velocity and filtration time after electrocoagulation process in treating industrial textile dyeing wastewater: RSM optimization. *International journal of Environmental Science and Technology* [en línea]. 16, 7, mayo 2018. [Fecha de consulta: 1 de mayo de 2022]. Disponible en:  
[https://www.researchgate.net/publication/325476087\\_Comparison\\_of\\_sludge\\_settling\\_velocity\\_and\\_filtration\\_time\\_after\\_electrocoagulation\\_process\\_in\\_treating\\_industrial\\_textile\\_dyeing\\_wastewater\\_RSM\\_optimization](https://www.researchgate.net/publication/325476087_Comparison_of_sludge_settling_velocity_and_filtration_time_after_electrocoagulation_process_in_treating_industrial_textile_dyeing_wastewater_RSM_optimization)

FIKRI, Elenda *et al.* Economic valuation and effectiveness of utilizing electrocoagulation system in reducing chemical oxygen demand of textile industry wastewater. *Journal of Ecological Engineering* [en línea]. 5 de agosto de 2019. [Fecha de consulta: 1 de mayo de 2022]. Disponible en:  
<https://bibliotekanauki.pl/articles/125280>

GASMI, A. *et al.* Comparative study of chemical coagulation and electrocoagulation for the treatment of real textile wastewater: optimization and operating cost estimation. *Journal of Water and Environment Technology* [en línea]. 7, 26, 2022. [Fecha de consulta: 1 de mayo de 2022]. Disponible: <https://doi.org/10.1021/acsomega.2c01652>

GENAWI, Nahid *et al.* Chromium Removal from Tannery Wastewater by Electrocoagulation: Optimization and Sludge Characterization. *Water; Basel* [en línea]. 12, 5, 2020. [Fecha de consulta: 1 de mayo de 2022]. Disponible: <https://www.proquest.com/docview/2403846634/fulltextPDF/652A28EC23BC4B00PQ/41?accountid=37408>

ISSN: 20734441

GOHIL, C. y MAKWANA, A. Navy Blue 3G Dye Electrocoagulation using Stainless Steel Electrode in Presence and Absence of Granular Activated Carbon Particle Electrode. *International Journal of Engineering and Advanced Technology* [en línea]. 8, 6, agosto 2019 [Fecha de consulta: 1 de noviembre de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.35940/ijeat.F9218.088619>

GUILLÉN, Ofelia *et al.* Tratamiento de Efluentes del Proceso de Lavado de Lana en una Industria Textil mediante Electrocoagulación. *EasyChair Preprint* [en línea]. 15 de junio de 2021. [Fecha de consulta: 1 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://easychair.org/publications/preprint/h562>

GUSA, R. *et al.* Effect of electrode numbers in electrocoagulation of batik Cual wastewater: analysis on water quality and energy used. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* [en línea]. 599, 1, 1 de noviembre de 2021. [Fecha de consulta: 6 de septiembre de 2022]. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/599/1/012061>

HANUMANTHAPPA, S. *et al.* Batch electrochemical coagulation of real textile wastewater using Cu-SS and SS-Cu electrode combinations and its settleability aspects. *Water Science and Technology* [en línea]. 82, 7, 2020. [Fecha de consulta: 6 de septiembre de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.2166/wst.2020.426>

HERNÁNDEZ, Roberto y MENDOZA, Christian. Metodología de la investigación, las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. México: McGraw-Hill Interamericana editores, S.A, 2018. 714 pp. ISBN: 978-1-4562-6096-5

HOOSHMANDFAR, Amin *et al.* Optimization of material and energy consumption for removal of Acid Red 14 by simultaneous electrocoagulation and electroflotation. *Water Science and Technology; London* [en línea]. 73,1, enero 2016 [Fecha de consulta: 1 de mayo de 2022]. Disponible: <https://www.proquest.com/docview/1925628731/fulltextPDF/358538F3593747E2PQ/89?accountid=37408>

ILHAN, F. *et al.* Optimization of raw acrylic yarn dye wastewater treatment by electrochemical processes kinetic study and energy consumption. *Global NEST Journal* [en línea]. 21, 2, marzo 2019 [Fecha de consulta: 1 de noviembre de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.30955/gnj.002980>

JILLIN SOO, Ai Lam *et al.* Performance and kinetic study on oil removal via electrocoagulation treatment. *water science and technology. IOP Publishing* [en línea]. 1, 2129, diciembre 2021 [Fecha de consulta: 1 de septiembre de 2022]. Disponible: <https://dx.doi.org/10.1088/1742-6596/2129/1/012068>

KARTHIKEYAN, M y VIJAYACHITRA, S. A Novel experimental study and analysis of electrocoagulation process for textile wastewater treatment using various sensors with integration of iot monitoring system. *Journal of new materials for electrochemical systems* [en línea]. 24, 02, 10 de febrero de 2021. [consultado en: el 6 de setiembre de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.14447/jnmes.v24i2.a06>

KHALIFAH, Aqeel *et al.* Electrochemical removal of brilliant green dye from wastewater. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* [en línea]. Junio 2020. [consultado en: el 2 de septiembre de 2022]. Disponible en: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/888/1/012036>

LÓPEZ, Miriam *et al.* Electrocoagulation Process: An Approach to Continuous Processes, Reactors Design, Pharmaceuticals Removal, and Hybrid Systems - A Review. *Procces: Processes* [en línea]. 9, 1831, 15 octubre 2021. [Fecha de consulta: 1 de mayo de 2022]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/355375315\\_Electrocoagulation\\_Process\\_An\\_Approach\\_to\\_Continuous\\_Processes\\_Reactors\\_Design\\_Pharmaceuticals\\_Removal\\_and\\_Hybrid\\_Systems-A\\_Review](https://www.researchgate.net/publication/355375315_Electrocoagulation_Process_An_Approach_to_Continuous_Processes_Reactors_Design_Pharmaceuticals_Removal_and_Hybrid_Systems-A_Review)

LOUHICHI, Boulbaba *et al.* Treatment of textile industry effluents by Electro-Coagulation and Electro-Fenton processes using solar energy: A comparative study. *Chemical Engineering Journal* [en línea]. 427, 1, enero 2022. [Fecha de consulta: 1 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1385894721033167>

MADI, Katia *et al.* Basic red dye removal by coupling electrocoagulation process with biological treatment. *Environmental Engineering and Management Journal* [en línea]. 18, 3, 2019. [Fecha de consulta: 1 de mayo de 2022]. Disponible en: [http://www.eemj.icpm.tuiasi.ro/pdfs/vol18/full/no3/3\\_269\\_Madi\\_15.pdf](http://www.eemj.icpm.tuiasi.ro/pdfs/vol18/full/no3/3_269_Madi_15.pdf)

MAMAN, Raafaela *et al.* Electrocoagulation applied for textile dye oxidation using iron slag as electrodes. *Environ Sci Pollut Res* [en línea]. 28 de mayo de 2021. [Fecha de consulta: 1 de mayo de 2022]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/357756290\\_Electrocoagulation\\_applied\\_for\\_textile\\_wastewater\\_oxidation\\_using\\_iron\\_slag\\_as\\_electrodes](https://www.researchgate.net/publication/357756290_Electrocoagulation_applied_for_textile_wastewater_oxidation_using_iron_slag_as_electrodes)



MILLION, Ebba *et al.* Investigation on operating parameters and cost using an electrocoagulation process for wastewater treatment. *Applied Water Science; Heidelberg* [en línea]. 11, 11, 23 de octubre de 2021. [Fecha de consulta: 1 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://www.proquest.com/docview/2584864461/fulltextPDF/358538F3593747E2PQ/116?accountid=37408>

MOHAMMED, A. *et al.* Removal of aniline blue from textile wastewater using electrocoagulation with the application of the response surface approach. *Iraqi Journal of Science* [en línea]. 61, 11, enero de 2021. [consultado en: el 2 de septiembre de 2022]. Disponible en: <https://www.bmj.com/content/339/bmj.b2535>

MOHER, David *et al.* Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *The PRISMA statement BMJ* [en línea]. 339, junio de 2009. [consultado en: el 2 de mayo de 2022]. Disponible en: [https:// DOI: 10.24996/ijs.2020.61.11.4](https://doi.org/10.24996/ijs.2020.61.11.4)

MORENO, B. *et al.* Revisiones Sistemáticas: definición y nociones básicas. *Revista Clínica PIRO Periodoncia, Implantología y Rehabilitación Oral* [en línea]. 11, 3, octubre 2018 [Fecha de consulta: 1 de noviembre de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.4067/S0719-01072018000300184>

NASR, F. *et al.* Innovative electrochemical treatment of textile dye wastewater. *Egyptian Journal of Chemistry* [en línea]. 62, 11, 2019 [Fecha de consulta: 1 de noviembre de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.21608/EJCHEM.2019.10576.1683>

NGUYEN, Q. *et al.* Comparison between nanosecond pulse and direct current electrocoagulation for textile wastewater treatment. *Journal of Water and Environment Technology* [en línea]. 18, 3, 2020. [consultado en: el 2 de septiembre de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.2965/jwet.19-080>

NIPPATLAPALLI, Narasamma y PHILIP, Ligy. Assessment of novel rotating bipolar multiple disc electrode electrocoagulation–flotation and pulsed plasma corona discharge for the treatment of textile dyes. *Water Science and Technology* [en línea]. 2020, 81(3), 564–570. [consultado en: el 2 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32385210/>

ÑAUPAS, Humberto *et al.* Metodología de la investigación, cuantitativa - cualitativa y redacción de la tesis. 5a. Edición. Colombia: Ediciones de la U., 2018. 559 pp. ISBN: 978-958-762-876-0

OZDEN, Mesut *et al.* Decolourisation of Disperse Brown Dye Solution by Electrocoagulation Process with Al and Fe Electrodes. *Gazi University Journal of Science* [en línea]. 32, 1, 2019. [Fecha de consulta: 1 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://app.trdizin.gov.tr/publication/paper/detail/TXpJME1qY3dNQTO9>

PALANISAMY, S. *et al.* Application of electrochemical treatment for the removal of triazine dye using aluminium electrodes. *International Journal of Photoenergy; Journal of Water Supply: Research and Technology—AQUA* [en línea]. 2022. [Fecha de consulta: 1 de septiembre de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.2166/aqua.2020.109>

PAVÓN, Thelma *et al.* Photovoltaic Energy-Assisted Electrocoagulation of a Synthetic Textile Effluent. *International Journal of Photoenergy; New York* [en línea]. 2018. [Fecha de consulta: 1 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://www.proquest.com/docview/2014929595/fulltextPDF/358538F3593747E2PQ/101?accountid=37408>

PUTRA R. *et al.* Batik wastewater treatment using simultaneous process of electrocoagulation and electro-assisted phytoremediation (Eapr). *Indonesian Journal of Chemistry* [en línea]. 20, 6, 2020 [Fecha de consulta: 1 de noviembre de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.22146/ijc.47898>

PIRKARAMI Azam y OLYA Mohammad. Removal of dye from industrial wastewater with an emphasis on improving economic efficiency and degradation mechanism. *Journal of Saudi Chemical Society* [en línea]. 21, 1, enero 2017 [Fecha de consulta: 1 de noviembre de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jscs.2013.12.008>

REZAGAMA, A. *et al.* Treatment of textile industry wastewater by electrocoagulation technology. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* [en línea]. 01 de noviembre 2021, Vol 896 No 012078. [Fecha de consulta: 3 de septiembre de 2022]. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/896/1/012078>

SANDOYA, E. Metaanálisis: fortalezas y debilidades. *Revista uruguaya de cardiología* [en línea]. 23, 3, noviembre 2008 [Fecha de consulta: 1 de noviembre de 2022]. Disponible en: [http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1688-04202008000300004](http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1688-04202008000300004)

ISSN 1688-0420

SEN, Shamalseen *et al.* Electrocoagulation treatment of industrial wastewater including textile dyeing effluent – a review. *Desalination and Water Treatment* [en línea]161, setiembre 2019. [Fecha de consulta: 1 de mayo de 2022]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/334412153\\_Electrocoagulation\\_treatment\\_of\\_industrial\\_wastewater\\_including\\_textile\\_dyeing\\_effluent\\_-\\_a\\_review](https://www.researchgate.net/publication/334412153_Electrocoagulation_treatment_of_industrial_wastewater_including_textile_dyeing_effluent_-_a_review)

SHARMA, Lalita *et al.* Optimization of EC parameters using Fe and Al electrodes for hydrogen production and wastewater treatment. *Environmental Advances*. [en línea]. 15 de abril de 2021, Vol 3 No 10029. [Fecha de consulta: 01 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envadv.2020.100029>

SINGH, G. *et al.* Remediation of COD and color from textile wastewater using dual stage electrocoagulation process. *SN Applied Sciences* [en línea]. 1, 9, septiembre 2019 [Fecha de consulta: 1 de noviembre de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s42452-019-1046-7>

SOUZA, Bruna *et al.* Continuous electrochemical reactor improved by the addition of Moringa oleífera lam extract: optimization of operational conditions for Blue 5G dye removal. *Ambiente y agua-An Interdisciplinary Journal of Applied Science* [en línea]. 14, 3, 6 de febrero de 2019. [Fecha de consulta: 1 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/ambiagua/a/4KNxzJnTpzyL4HV6zN955PQ/abstract/?lang=en>

SURESH, A. *et al.* Electrocoagulation of azo dye containing synthetic wastewater using monopolar iron electrodes and the characterization of the sludge. *Water Practice and Technology; London* [en línea]. 14, 3, septiembre 2019. [Fecha de consulta: 1 de mayo de 2022]. Disponible: <https://www.proquest.com/docview/2300451368/fulltextPDF/358538F3593747E2PQ/92?accountid=37408>

SUTANTO *et al.* Application of continuous system electrocoagulation method for textile industry wastewater treatment. *Journal of Physics: Conference Series* [en línea]. 1882, 012111, 2021. [Fecha de consulta: 1 de septiembre de 2022]. Disponible: <https://dx.doi.org/10.1088/1742-6596/1882/1/012111>

SYAAMIL, Muhammad *et al.* Integrated membrane–electrocoagulation system for removal of celestine blue dyes in wastewater. *Membranes* [en línea]. 10, 8, agosto 2020. [Fecha de consulta: 1 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2077-0375/10/8/184/htm>

TANVEER, Rameesha *et al.* Comparison of ozonation, Fenton, and photo-Fenton processes for the treatment of textile dye-bath effluents integrated with electrocoagulation. *Journal of Water Process Engineering* [en línea]. 46,

abril 2022. [Fecha de consulta: 1 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214714421006346>

TCHAMANGO, S. *et al.* Comparison of electrocoagulation and Chemical Coagulation Processes in the Treatment of an Effluent of a Textile Factory. *Journal of Applied Science & Environmental Management*, Port Harcourt [en línea]. 21, 7, diciembre de 2018. [Fecha de consulta: 1 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://www.proquest.com/docview/2002099717/fulltextPDF/652A28EC23BC4B00PQ/11?accountid=37408>

TIBEBE, D. *et al.* Investigation of selected physico-chemical quality parameters in industrial wastewater by electrocoagulation process, Ethiopia. *BMC Chemistry* [en línea]. 16, 67, setiembre de 2022. [Fecha de consulta: 10 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s13065-022-00865-3>

ULUCAN, Kubra *et al.* Comparison of chemical and electrochemical treatment processes for wool yarn dyeing effluents. *Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences* [en línea]. 38, 2, 2020. [Fecha de consulta: 1 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://dergipark.org.tr/en/pub/sigma/issue/65153/1004614>

YAZICI, Senem *et al.* Persulfate enhanced electrocoagulation of paint production industry wastewater: Process optimization, energy consumption, and sludge analysis. *Process Safety And Environmental Protection* [en línea]. 157, enero 2022. [Fecha de consulta: 1 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095758202100611X>

YAZICI, Benan *et al.* Electrocoagulation for nitrate removal in groundwater of intensive agricultural region: a case study of Harran plain, Turkey. *Environmental Earth Sciences* [en línea]. 27 de febrero de 2021, Vol 80 No

190. [Fecha de consulta: 25 de mayo de 2022]. Disponible en [https://  
https://doi.org/10.1007/s12665-021-09488-8](https://doi.org/10.1007/s12665-021-09488-8)

ZAMPETA, Charikleia *et al.* Treatment of printing ink wastewater using a continuous flow electrocoagulation reactor. *Journal of Environmental Management* [en línea]. 314, 2022. [Fecha de consulta: 1 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479722006065>

ZHANG, Yiqing *et al.* Treatment of Textile Wastewater Using Advanced Oxidation Processes—A Critical Review. *Water* [en línea].13, 24, 2021. [Fecha de consulta: 1 de mayo de 2022]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/356920249 Treatment of Textile  
Wastewater Using Advanced Oxidation Processes-A Critical Review](https://www.researchgate.net/publication/356920249_Treatment_of_Textile_Wastewater_Using_Advanced_Oxidation_Processes-A_Critical_Review)

## ANEXOS

### *Anexo 1. Matriz de Operacionalización*

USO DE ELECTROCOAGULACIÓN PARA EL TRATAMIENTO DE EFLUENTES DE LA INDUSTRIA TEXTIL, 2022.					
Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Nivel de medición
<b>Electrocoagulación</b>  (VARIABLE INDEPENDIENTE)	Consiste en la generación electroquímica de iones dentro de una solución mediante la aplicación de una corriente eléctrica a través de los electrodos de sacrificio, estos desestabilizan las partículas coloidales mediante la neutralización de cargas, lo que produce la formación de flóculos de mayor tamaño, en los que quedan atrapados los contaminantes. Estos flóculos se pueden separar de la solución por flotación o sedimentación (López et al., 2021).	Se determinará las características de la electrocoagulación, así como las características del proceso aplicado.	Características de la electrocoagulación	Escala	m
				Tipo de reactor	Flujo
				Volumen	L
				Fuente de alimentación	CC/CD
				Material del electrodo	Fe - Fe/ Al- Al/ Fe-Al
				Numero de electrodos	unidad
				Distancia entre electrodos	cm
			Procesos de la	Volumen del efluente/ N° de	1-2-3

			electrocoagulación	muestras	
				N° de experimentos	1-2-3
				Intensidad Eléctrica/Densidad	V, A
				pH	unidad de Ph
				Tiempo	s
				Pre-tratamiento	SI/NO
				Coagulante	SI/NO
				temperatura	°c
<b>Reducción de los contaminantes del efluente de la industria textil</b>  (VARIABLE DEPENDIENTE)	Es la disminución o eliminación de las concentraciones de contaminantes presentes en las aguas residuales originadas en los procesos industriales textiles que contienen diversos productos químicos inorgánicos y orgánicos (Bameri I. et al., 2022).	Se determinará midiendo la concentración inicial y final de los contaminantes	Remoción de contaminante	Condiciones optimas	Ph-temp-t-corriente
				Concentración inicial	mg/L
				Concentración final	mg/L
				% de remoción	%









## Anexo 5. Instrumentos validados

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

#### I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: **Ing. Gianmarco Jorge Mendoza Mogollón**
- 1.2 Cargo e institución donde labora: **Docente de la Universidad Cesar Vallejo y Subgerente de Limpieza Pública, Áreas Verdes y Gestión Ambiental**
- 1.3 Especialidad o línea de investigación: **Ingeniería Ambiental**
- 1.4 Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Ficha 1 Características de la técnica de la electrocoagulación en el tratamiento de efluentes textiles**
- 1.5 Autor(A) de Instrumento: **Huapaya Huapaya, Fernando (orcid.org/0000-0002-3991-389X)**  
**Ram rez Roca, Richard (orcid.org/0000-0002-4916-7245)**

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

#### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

#### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

<b>90%</b>
------------

  
**GIANMARCO JORGE MENDOZA MOGOLLÓN**  
**INGENIERO AMBIENTAL**  
**Reg. CIP N° 200348**

Lima, 04 de julio de 2022

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: **Ing. Gianmarco Jorge Mendoza Mogollón**
- 1.2 Cargo e institución donde labora: **Docente de la Universidad Cesar Vallejo y Subgerente de Limpieza Pública, Áreas Verdes y Gestión Ambiental**
- 1.3 Especialidad o línea de investigación: **Ingeniería Ambiental**
- 1.4 Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Ficha 2 Características del proceso electrocoagulación en el tratamiento de efluentes textiles**
- 1.5 Autor(A) de Instrumento: **Huapaya Huapaya, Fernando (orcid.org/0000-0002-3991-389X)**  
**Ramirez Roca, Richard (orcid.org/0000-0002-4916-7245)**

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN


CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

X

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI



**GIANMARCO JORGE MENDOZA MOGOLLON**  
**INGENIERO AMBIENTAL**  
**Reg. CIP N° 200348**

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90%
-----

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: **Ing. Gianmarco Jorge Mendoza Mogollón**
- 1.2 Cargo e institución donde labora: **Docente de la Universidad Cesar Vallejo y Subgerente de Limpieza Pública, Áreas Verdes y Gestión Ambiental**
- 1.3 Especialidad o línea de investigación: **Ingeniería Ambiental**
- 1.4 Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Ficha 3 Porcentaje de remoción de contaminantes de efluentes textiles**
- 1.5 Autor(A) de Instrumento: **Huapaya Huapaya, Fernando (orcid.org/0000-0002-3991-389X)**  
**Ram rez Roca, Richard (orcid.org/0000-0002-4916-7245)**

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		


### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90%
-----

  
**GIANMARCO JORGE MENDOZA MOGOLLÓN**  
**INGENIERO AMBIENTAL**  
**Reg. CIP N° 200348**


Lima, 04 de julio de 2022







FICHA 3 PORCENTAJE DE REMOCION DE CONTAMINANTES DE EFLUENTES TEXTILES					
Titulo		Revisión sistemática del uso de electrocoagulación para el tratamiento de efluentes de la industria textil, 2022			
Línea de investigación		Calidad y Gestión de los Recursos Naturales			
Línea de responsabilidad social universitaria:		Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático			
Responsables		Huapaya Huapaya, Fernando (orcid.org/0000-0002-3991-389X) Ramirez Roca, Richard (orcid.org/0000-0002-4916-7245)			
Asesor		Dr. Ordoñez Gálvez, Juan Julio (orcid.org/0000-0002-3419-7361)			
N°	Parámetros de mayor influencia	Condiciones óptimas	Concentración inicial	Concentración final	% de remoción

  
 GIANMARCO JORGE  
 MENDOZA MOGOLLON  
 INGENIERO AMBIENTAL  
 Reg. CIP N° 200348

**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: Ordoñez Galvez, Juan Julio  
 1.2. Cargo e institución donde labora: Universidad Cesar Vallejo  
 1.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y Gestión de los Recursos Naturales  
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha 1 Características de la técnica de la electrocoagulación en el tratamiento de efluentes textiles  
 1.5. Autor(A) de Instrumento: Huapaya Huapaya, Fernando (orcid.org/0000-0002-3991-389X)  
 Ramírez Roca, Richard (orcid.org/0000-0002-4916-7245)

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

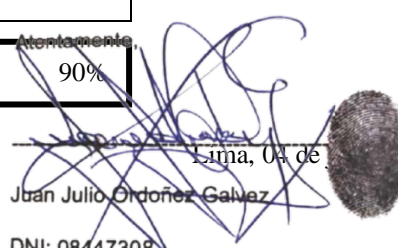
- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN**

Atentamente,  
 90%

Lima, 04 de \_\_\_\_\_ 2022  
 Juan Julio Ordoñez Galvez  
 DNI: 08447308



## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Ordoñez Galvez, Juan Julio
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Universidad Cesar Vallejo
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha 2 Características del proceso electrocoagulación en el tratamiento de efluentes textiles
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: Huapaya Huapaya, Fernando (orcid.org/0000-0002-3991-389X)  
Ramirez Roca, Richard (orcid.org/0000-0002-4916-7245)

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

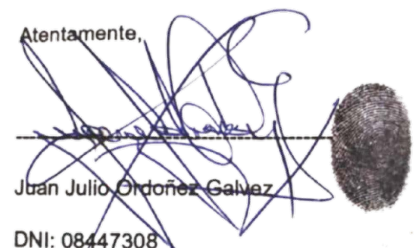
- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

SI

90%
-----

Atentamente,



Juan Julio Ordoñez Galvez  
DNI: 08447308

Lima, 04 de julio de 2022

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Ordoñez Galvez, Juan Julio
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Universidad Cesar Vallejo
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha 3 Porcentaje de remoción de contaminantes de efluentes textiles
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: Huapaya Huapaya, Fernando (orcid.org/0000-0002-3991-389X)  
Ramirez Roca, Richard (orcid.org/0000-0002-4916-7245)

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

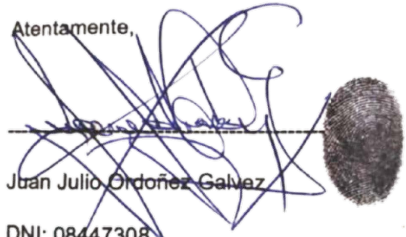
- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

SI

90%

Atentamente,



Juan Julio Ordoñez Galvez

DNI: 08447308

Lima, 04 de julio de 2022





FICHA 3 PORCENTAJE DE REMOCION DE CONTAMINANTES DE EFLUENTES TEXTILES					
Titulo		Revisión sistemática del uso de electrocoagulación para el tratamiento de efluentes de la industria textil, 2022			
Línea de investigación		Calidad y Gestión de los Recursos Naturales			
Línea de responsabilidad social universitaria:		Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático			
Responsables		Huapaya Huapaya, Fernando (orcid.org/0000-0002-3991-389X) Ramírez Roca, Richard (orcid.org/0000-0002-4916-7245)			
Asesor		Dr. Ordoñez Gálvez, Juan Julio (orcid.org/0000-0002-3419-7361)			
N°	Parámetros de mayor influencia	Condiciones óptimas	Concentración inicial	Concentración final	% de remoción

Atentamente,

Juan Julio Ordoñez Gálvez

DNI: 08447308

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Acosta Suasnabar Eusterio Horacio  
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad César Vallejo  
 1.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y Gestión de los Recursos Naturales  
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha 1 Características de la técnica de la electrocoagulación en el tratamiento de efluentes textiles  
 1.5. Autor(A) de Instrumento: Huapaya Huapaya, Fernando (orcid.org/0000-0002-3991-389X)  
 Ramirez Roca, Richard (orcid.org/0000-0002-4916-7245)

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

85%
-----

Lima, 04 de julio de 2022



Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar  
CIP N° 25450



## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Acosta Suasnabar Eusterio Horacio  
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad César Vallejo  
 1.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y Gestión de los Recursos Naturales  
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha 2 Características del proceso electrocoagulación en el tratamiento de efluentes textiles  
 1.5. Autor(A) de Instrumento: Huapaya Huapaya, Fernando (orcid.org/0000-0002-3991-389X)  
 Ramirez Roca, Richard (orcid.org/0000-0002-4916-7245)

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

85%
-----

Lima, 04 de julio de 2022



## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Acosta Suasnabar Eusterio Horacio  
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad César Vallejo  
 1.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y Gestión de los Recursos Naturales  
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha 3 Porcentaje de remoción de contaminantes de efluentes textiles  
 1.5. Autor(A) de Instrumento: Huapaya Huapaya, Fernando (orcid.org/0000-0002-3991-389X)  
 Ramirez Roca, Richard (orcid.org/0000-0002-4916-7245)

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

85%
-----

Lima, 04 de julio de 2022



Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar  
CIP N° 25450





FICHA 3 PORCENTAJE DE REMOCION DE CONTAMINANTES DE EFLUENTES TEXTILES					
Titulo		Revisión sistemática del uso de electrocoagulación para el tratamiento de efluentes de la industria textil, 2022			
Línea de investigación		Calidad y Gestión de los Recursos Naturales			
Línea de responsabilidad social universitaria:		Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático			
Responsables		Huapaya Huapaya, Fernando (orcid.org/0000-0002-3991-389X) Ramirez Roca, Richard (orcid.org/0000-0002-4916-7245)			
Asesor		Dr. Ordoñez Gálvez, Juan Julio (orcid.org/0000-0002-3419-7361)			
N°	Parámetros de mayor influencia	Condiciones óptimas	Concentración inicial	Concentración final	% de remoción



Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar  
CIP N° 25450

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Luis Fermín Holguín Aranda
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Universidad Cesar Vallejo
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Ingeniería ambiental
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha 1 Características de la técnica de la electrocoagulación en el tratamiento de efluentes textiles
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: Huapaya Huapaya, Fernando (orcid.org/0000-0002-3991-389X)  
Ramírez Roca, Richard (orcid.org/0000-0002-4916-7245)

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			


### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

85%
-----



**LUIS FERMÍN  
HOLGUÍN ARANDA  
INGENIERO AMBIENTAL  
Reg. CIP. N° 111F11**

Lima, 04 de julio de 2022

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Luis Fermín Holguín Aranda  
 1.2. Cargo e institución donde labora: Universidad Cesar Vallejo  
 1.3. Especialidad o línea de investigación: Ingeniería ambiental  
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha 2 Características del proceso electrocoagulación en el tratamiento de efluentes textiles  
 1.5. Autor(A) de Instrumento: Huapaya Huapaya, Fernando (orcid.org/0000-0002-3991-389X)  
 Ramirez Roca, Richard (orcid.org/0000-0002-4916-7245)

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X



**LUIS FERMÍN  
 HOLGUÍN ARANDA**  
 INGENIERO AMBIENTAL  
 Reg. CIP. N° 111111

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

85%
-----

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Luis Fermín Holguín Aranda
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Universidad Cesar Vallejo
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Ingeniería ambiental
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha 3 Porcentaje de remoción de contaminantes de efluentes textiles
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: Huapaya Huapaya, Fernando (orcid.org/0000-0002-3991-389X)  
Ramirez Roca, Richard (orcid.org/0000-0002-4916-7245)

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

85%
-----



**LUIS FERMÍN  
HOLGUÍN ARANDA**  
 INGENIERO AMBIENTAL  
 Reg. CIP. N° 111111


Lima, 04 de julio de 2022







FICHA 3 PORCENTAJE DE REMOCION DE CONTAMINANTES DE EFLUENTES TEXTILES					
Titulo		Revisión sistemática del uso de electrocoagulación para el tratamiento de efluentes de la industria textil, 2022			
Línea de investigación		Calidad y Gestión de los Recursos Naturales			
Línea de responsabilidad social universitaria:		Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático			
Responsables		Huapaya Huapaya, Fernando (orcid.org/0000-0002-3991-389X) Ramirez Roca, Richard (orcid.org/0000-0002-4916-7245)			
Asesor		Dr. Ordoñez Gálvez, Juan Julio (orcid.org/0000-0002-3419-7361)			
N°	Parámetros de mayor influencia	Condiciones óptimas	Concentración inicial	Concentración final	% de remoción



LUIS FERMÍN  
HOLGUÍN ARANDA  
INGENIERO AMBIENTAL  
Reg. CIP. N° 111711

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Aylas Humareda, Maria del Carmen
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Universidad Cesar Vallejo
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha 1 Características de la técnica de la electrocoagulación en el tratamiento de efluentes textiles
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: Huapaya Huapaya, Fernando (orcid.org/0000-0002-3991-389X)  
Ramirez Roca, Richard (orcid.org/0000-0002-4916-7245)

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90%
-----

Lima,

  
**AYLAS HUMAREDA MARÍA DEL CARMEN**  
 CIP. N° 55149

04 de julio de 2022

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Aylas Humareda, Maria del Carmen
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Universidad Cesar Vallejo
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha 2 Características del proceso electrocoagulación en el tratamiento de efluentes textiles
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: Huapaya Huapaya, Fernando (orcid.org/0000-0002-3991-389X)  
Ramirez Roca, Richard (orcid.org/0000-0002-4916-7245)

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90%
-----

  
 AYLAS HUMAREDA MARIA DEL CARMEN  
 CIP. N° 55149

Lima, 04 de julio de 2022

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Aylas Humareda, Maria del Carmen  
 1.2. Cargo e institución donde labora: Universidad Cesar Vallejo  
 1.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y Gestión de los Recursos Naturales  
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha 3 Porcentaje de remoción de contaminantes de efluentes textiles  
 1.5. Autor(A) de Instrumento: Huapaya Huapaya, Fernando (orcid.org/0000-0002-3991-389X)  
 Ramirez Roca, Richard (orcid.org/0000-0002-4916-7245)

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90%
-----

Lima, 04 de julio de 2022

  
 AYLAS HUMAREDA MARIA DEL CARMEN  
 CIP. N° 55149







FICHA 3 PORCENTAJE DE REMOCION DE CONTAMINANTES DE EFLUENTES TEXTILES					
Titulo		Revisión sistemática del uso de electrocoagulación para el tratamiento de efluentes de la industria textil, 2022			
Línea de investigación		Calidad y Gestión de los Recursos Naturales			
Línea de responsabilidad social universitaria:		Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático			
Responsables		Huapaya Huapaya, Fernando (orcid.org/0000-0002-3991-389X) Ramirez Roca, Richard (orcid.org/0000-0002-4916-7245)			
Asesor		Dr. Ordoñez Gálvez, Juan Julio (orcid.org/0000-0002-3419-7361)			
N°	Parámetros de mayor influencia	Condiciones óptimas	Concentración inicial	Concentración final	% de remoción



AYLAS HUMAREDA MARIA DEL CARMEN  
CIP. N° 55149

## Anexo 6. Resultados de la cadena de búsqueda en base de datos Web of Science - SCOPUS

### a) WoS

Search > Results for ("textile effluents" or "textile industry" or "textile industry effluen...)

**516 results from Web of Science Core Collection for:**

Q ("textile effluents" or "textile industry" or "textile industry effluent" or "textile wastewater" or "textile dyeing wastewater" or textile) and (Elec... Analyze Results Citation Report Create Alert

Copy query link

Publications You may also like...

Refine results

Search within results... Q

Filter by Marked List

Quick Filters

- Review Article 31
- Early Access 11
- Open Access 112
- Enriched Cited References 53

Citation Topics Meso

- 2.90 Water Treatment 465
- 3.87 Paper & Wood Materials Science 13
- 2.241 Membrane Science 8
- 2.74 Photocatalysts 6

0/516 Add To Marked List Export Sort by: Relevance < 1 of 11 >

1 Treatment of **textile industry effluents** by **Electro-Coagulation** and Electro-Fenton processes using solar energy: A comparative study 6 Citations  
 Louhichi, B; Gaied, F; (...); Jarray, M  
 Jan 1 2022 | Aug 2021 | Early Access | CHEMICAL ENGINEERING JOURNAL 427 51 References

**Enriched Cited References**

The discharge of **textile wastewater** into the ecosystem is a dramatic source of pollution, eutrophication, and unaesthetic disturbance in aquatic life. The present work aimed at the treatment of the polluted water from the Industrial **Textile** Company "SITEK" in Ksar Hallal town (Tunisia) using two alternative processes namely **Electro-coagulation** (EC), and Electro-Fenton (EF). The experiments were ... Show more

[View full text](#) ... Related records

2 Pulse **electro-coagulation** application in treating dibutyl phthalate wastewater 6 Citations  
 Wang, J and Liu, JQ  
 Sep 2017 | WATER SCIENCE AND TECHNOLOGY 76 (5), pp.1124-1131 32 References

### b) SCOPUS

The new, enhanced version of the search results page is available. Give the new page a try and share any feedback before it is finalized. Try the new version

**362 document results**

TITLE-ABS KEY ( ("textile effluents" OR "textile industry" OR "textile industry effluent\*" OR "textile wastewater" OR "textile dyeing wastewater" OR textile) AND ( electrocoagulation OR "electro coagulation" OR electro-coagulation OR "electrochemical coagulation" OR "EC process" ) )

Edit Save Set alert

Search within results... Q

Refine results

Limit to Exclude

Open Access

- All Open Access (76) >
- Gold (32) >
- Hybrid Gold (4) >
- Bronze (28) >
- Green (37) >

Learn more

Documents Secondary documents Patents View Mendeley Data (3670)

Analyze search results Show all abstracts Sort on: Date (newest)

All Export Download View citation overview View cited by Save to list ... Print Email Bookmark

Document title	Authors	Year	Source	Cited by
1 Investigation of selected physico-chemical quality parameters in industrial wastewater by electrocoagulation process, Ethiopia <i>Open Access</i>	Tibebe, D., Negash, A., Mulugeta, M., (...), Moges, Z., Yenealem, D.	2022	BMC Chemistry 16(1),67	0
View abstract <span>...</span> <span>View at Publisher</span> <span>Related documents</span>				
2 Process modelling and techno economic analysis for optimal design of integrated electrocoagulation-membrane system for dye removal in wastewater	Saad, M.S., Kai, O.B., Wirzal, M.D.H.	2022	Chemosphere 306,1356-23	2

# Anexo 7. Recolección primaria

## a) WoS

The screenshot shows a list of search results from Web of Science. The results are displayed in a table with columns for 'Citas', 'Año', 'Título', and 'Revista'. The first few entries are:

- 331 Nidheesh P.V., Kumar, A., Babu, D.S., Scaia, J., Hlidheesh, P., V. Kumar, Abhijet. B. Treatment of mixed industrial wastewater by electrocoagulation and indirect electrochemical... *CHEMOSPHERE*
- 332 Kalvel, P., Singh, R.P., Kanthia, S., Padmanabhar/Kalvel, Parameswar, Singh, Rajkum. Electrocoagulation mechanism in the removal of Blue SI dye from aqueous sol... *ECOTOXICOLOGY AND ENVIRONMENTAL SAFETY*
- 333 Romero Soto, K., Garcia Gomez, E., Alvarez Va Romero Soto, Izabel Celeste, Garcia Segualdual Congo Red Elimination by LASSB Reactor Coupled to Electrochemical Systems... *WATER*

## b) SCOPUS

The screenshot shows a list of search results from SCOPUS. The results are displayed in a table with columns for 'Citas', 'Año', 'Título', and 'Revista'. The first few entries are:

- 311 Phalankulke C., Polgunhang S., Tongdaung W., "Performance of an electrocoagulation process in treating direct dye: Batch and continuous upflow processes", *https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-7757312471&partnerID=40&md5=46f682d230e2c21f2f72453385*
- 312 Merzouk B., Gouri B., Sekki A., Madani A., Vial C., Barkanji M., "Studies on the decoloration of textile dye wastewater by continuous electrocoagulation process", *10.1016/j.jhazmat.2008.10.118*
- 313 Merzouk B., Gouri B., Sekki A., Madani A., Chibane M., "Removal of turbidity and separation of heavy metals using electrocoagulation-electrofloatation technique. A case study", *https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-4139193125&doi=10.1016%2Fj.jhazmat.2008.07.144*







**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, RUBEN VICTOR MUNIVE CERRON, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis titulada: "Electrocoagulación para el tratamiento de efluentes de la industria textil: Una revisión sistemática y meta-análisis.", cuyos autores son HUAPAYA HUAPAYA FERNANDO PEDRO, RAMIREZ ROCA RICHARD, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 15.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 01 de Diciembre del 2022

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
RUBEN VICTOR MUNIVE CERRON <b>DNI:</b> 19889810 <b>ORCID:</b> 0000-0001-8951-2499	Firmado electrónicamente por: RMUNIVEC el 19-12- 2022 15:06:27

Código documento Trilce: TRI - 0465383