



Universidad César Vallejo

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Aplicación de la electrocoagulación en el tratamiento de aguas
residuales provenientes de la industria textil, una revisión
sistemática de los últimos 10 años**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:Ingeniero
Ambiental

AUTORES:

Paredes Flores, Ricky Michael (ORCID: 0000-0002-3427-4716)

Tejada Pacheco, Juan Guillermo (ORCID: 0000-0002-8220-1169)

ASESOR:

Dr. Lozano Sulca, Yimi Tom (ORCID: 0000-0002-0803-1261)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA - PERÚ

2022

Dedicatoria

A nuestros padres y seres queridos por su amor, paciencia y apoyo para poder llegar a este momento y cumplir la meta de ser profesionales.

Agradecimiento

A Dios por otorgarnos la salud y la sapiencia, a nuestros maestros por brindarnos los conocimientos y finalmente a nuestro asesor por compartir su dirección y experiencias necesarias para llegar hasta aquí.

Índice de contenidos

| | |
|--|--------|
| Carátula..... | i |
| Dedicatoria | ii |
| Agradecimiento | iii |
| Índice de tablas | v |
| Índice de figuras | vi |
| Resumen | vii |
| Abstract | viii |
| I. INTRODUCCIÓN | 1 |
| II. MARCO TEÓRICO | 4 |
| III. METODOLOGÍA | 37 |
| 3.1. Tipo y diseño de investigación | 373.2. |
| Categorías, Subcategorías y matriz de categorización | 373.3. |
| Escenario de estudio..... | 383.4. |
| Participantes | 383.5. |
| Técnicas e instrumentos de recolección de datos..... | 383.6. |
| Procedimientos | 393.7. |
| Rigor científico | 413.8. |
| Método de análisis de datos..... | 423.9. |
| Aspectos éticos | 42IV. |
| RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 43V. |
| CONCLUSIONES | 55VI. |
| RECOMENDACIONES | 57 |
| REFERENCIAS | 58 |
| ANEXOS | 68 |

Índice de tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Antecedentes sobre la electrocoagulación en el tratamiento de aguas residuales provenientes de la industria textil..... | 5 |
| Tabla 2. Valores promedios de etapas del proceso de la industria textil..... | 26 |
| tabla 3. Buscadores fuentes indexadas, palabras clave e indicadores booleanos utilizados | 39 |
| Tabla 4. Tipos de reactores más utilizados para el tratamiento de aguas residuales de la industria textil aplicando la electrocoagulación..... | 43 |
| Tabla 5. Parámetros de mayor influencia que permiten obtener un mayor porcentaje de remoción de contaminantes en aguas residuales de la industria textil aplicando la electrocoagulación..... | 45 |
| Tabla 6. Valores óptimos de los parámetros de mayor influencia en la aplicación de la electrocoagulación en aguas residuales de la industria textil que permiten obtener un mayor porcentaje de remoción de contaminantes..... | 48 |
| Tabla 7. Estructuración de la aplicación de la electrocoagulación en el tratamiento de aguas residuales provenientes de la industria textil para obtener un mayor porcentaje de remoción de contaminantes..... | 54 |

Índice de figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1. Materiales de sacrificio de forma monopolar - conexión paralela..... | 30 |
| Figura 2. Materiales de sacrificio de forma monopolar - conexión en serie..... | 30 |
| Figura 3. Material de sacrificio de forma bipolar - conexión en serie..... | 31 |
| Figura 4. Sistema de electrocoagulación | 32 |
| Figura 5. Flujograma de los artículos seleccionados para la revisión sistemática según prisma..... | 40 |

Resumen

La investigación tuvo como objetivo estructurar la Aplicación de la Electrocoagulación en el tratamiento de aguas residuales provenientes de la industria textil, se recopilaron documentos de fuentes de datos indexadas como: Ebsco, Scopus, ScienceDirect y Google Académico, utilizando criterios de inclusión y exclusión para los documentos, como antigüedad no mayor a 10 años, idioma inglés y español y las palabras clave como “Electrocoagulation AND Textile Industry AND Wastewater”, consiguiendo 17 documentos para su revisión sistemática. Los resultados indican que el reactor más utilizado es el tipo batch, se identificó los parámetros de mayor influencia y sus valores óptimos que permiten un mayor porcentaje de remoción son: pH 5.5 - 10, distancia entre electrodos 1 - 2 cm, densidad de corriente eléctrica 25 - 350 A/m², tiempo de operación 5 - 25 minutos (reactor tipo batch), voltaje 9 - 20 voltios y tipo de electrodo Al y Fe. En conclusión, se logró estructurar la aplicación de la electrocoagulación para tratar aguas residuales de la industria textil y recomendamos realizar investigaciones acerca de tecnologías complementarias a la electrocoagulación para el tratamiento de aguas residuales de la industria textil y aspectos económicos.

Palabras Clave: Electrocoagulación, Revisión sistemática, Aguas residuales, Industria Textil.

Abstract

The objective of the research was to structure the Application of Electrocoagulation in the treatment of wastewater from the textile industry, documents were collected from indexed data sources such as: Ebsco, Scopus, ScienceDirect and Google Scholar, using inclusion and exclusion criteria of the documents. , such as age not older than 10 years, English and Spanish language and keywords such as "Electrocoagulation and Textile Industry and Wastewater", obtaining 17 documents for systematic review. The results indicate that the most used reactor is the batch type, the parameters with the greatest influence were identified and their optimal values that allow a greater percentage of removal are: pH 5.5 - 10, distance between electrodes 1 - 2 cm, electric current density 25 - 350 A/m², operating time 5 - 25 minutes (discontinuous type reactor), voltage 9 - 20 volts and electrode type Al and Fe. In conclusion, it was possible to structure the application of electrocoagulation for the treatment of wastewater from the textile industry and it is recommended to carry out research on complementary technologies to electrocoagulation for the treatment of wastewater from the textile industry and economic aspects.



Keywords: Electrocoagulation, Systematic review, Wastewater, Textile Industry.

I. INTRODUCCIÓN

La Conferencia de la ONU sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD) especificó que la industria textil se encuentra en segundo lugar como la más contaminante a nivel mundial y únicamente detrás de la industria del crudo. Los datos proporcionados por la UNCTAD señalan que la industria textil utiliza anualmente 93.000 millones de metros cúbicos de agua, cantidad capaz de cubrir el consumo de cinco millones de personas, asimismo cada año se arrojan a cuerpos de agua medio millón de toneladas de microfibras provenientes de sus distintos procesos de producción, siendo equiparable a 3 millones de barriles de crudo (Villemain 2019).

El departamento de medio ambiente de la ONU dio a conocer información clave sobre el fast fashion y la industria textil. Como primer punto señala que la industria de la moda es de hecho la segunda industria con mayor consumo del recurso hídrico a nivel mundial. Y como segundo punto clave que genera un 20% aproximadamente de las aguas residuales en todos sus procesos (Nijman 2019).

A nivel nacional, en el año 2020 los vertimientos de aguas residuales industriales autorizadas escalaron a 624 millones 1 mil metros cúbicos, incrementándose en más de 3 veces respecto al año anterior (192 millones 724 mil metros cúbicos). Los departamentos del país donde se detectaron los mayores volúmenes de vertimientos autorizados de aguas residuales industriales fueron: Lima 411 millones 100 mil metros cúbicos; Áncash 66 millones 49 mil metros cúbicos; Piura 55 millones 326 mil metros cúbicos; Cusco 21 millones 266 mil metros cúbicos; Pasco 17 millones 731 mil metros cúbicos y La Libertad 15 millones 538 mil metros cúbicos (INEI, 2021, p. 359). En base a los datos mencionados con anterioridad es correcto suponer que la cantidad de vertimientos totales son aún mayores debido a que en este recuento hecho en el año 2020 no fueron consideradas las fuentes de emisión no autorizadas.

La industria textil en países latinoamericanos especialmente en el Perú tiene como principal problema la informalidad en la que opera, debido a ello la enorme cantidad de contaminantes generados son desechados de manera no autorizada vertiendo sus aguas residuales directamente hacia el alcantarillado sin ningún tratamiento previo.

Los efluentes pertenecientes a este tipo de industria presentan altas concentraciones de colorantes, metales pesados y compuestos químicos usados en los distintivos procesos de producción, además de ello los valores como la DQO (Demanda Química de Oxígeno), DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno), turbidez, conductividad, se ven alterados drásticamente. Aunque todos los valores y características de este tipo de aguas residuales están supeditadas al volumen total del efluente y el tipo de prendas realizadas. Este es el principal motivo por el que el vertimiento de este tipo de aguas a los cuerpos de agua, sin el tratamiento necesario, representa un peligro para la calidad del recurso hídrico y la salud pública.

Es por ello, que nació la necesidad de ahondar en el descubrimiento de innovadoras tecnologías que destaquen por ser eco amigables y que supongan una cantidad menor en su coste de operacionalización como lo es la electrocoagulación, demostrando ser una alternativa de tratamiento eficaz para la eliminación de los contaminantes mencionados con anterioridad (Lee y Cagnon, 2014, p.421-429).

La electrocoagulación es un proceso físico-químico en el que se emplea diferencia en el potencial eléctrico entre las varillas metálicas (electrodos), ocasionando la oxidación electrolítica del ánodo (electrodo de sacrificio), formando así iones metálicos que posteriormente reaccionan con el agua originando hidróxido metálico y ejerciendo como coagulante. Este proceso afecta las especies iónicas desestabilizándolas y conglomerándolas, pudiendo ser eliminadas con mayor facilidad de las aguas residuales, (Zodi, Potier, Lopicque y Leclerc, 2004, p.29-36).

Por lo expuesto con anterioridad la justificación del presente trabajo fue teórica debido a que se pretende recopilar toda la información relevante de los resultados de todos los estudios disponibles cuidadosamente seleccionados durante los últimos 10 años sobre la aplicación de la electrocoagulación en el tratamiento de aguas residuales de la industria textil, destacando los avances y proporcionando un panorama general que permita a los futuros investigadores reflexionar y generar discusiones académicas sobre el tema, lo que también proporcionará a futuras generaciones tomar decisiones de manera más fácil y acertada (Bernal, 2010, p. 20 y Arias, 2012, p. 105).

Por consiguiente, tomamos la siguiente pregunta cómo el problema general de ¿Cómo estructurar la aplicación de la electrocoagulación para el tratamiento de las aguas residuales provenientes de la industria textil para obtener un mayor porcentaje de remoción de contaminantes?, también se identificaron los siguientes problemas específicos:

PE 1: ¿Qué tipo de reactores de la electrocoagulación son los más utilizados para el tratamiento de aguas residuales provenientes de la industria textil?

PE 2: ¿Qué parámetros nos permiten obtener un mayor porcentaje de remoción de contaminantes en el tratamiento de aguas residuales provenientes de la industria textil aplicando la electrocoagulación?

PE 3: ¿Cuáles son los valores óptimos de los parámetros evaluados en la aplicación de la electrocoagulación en aguas residuales provenientes de la industria textil que permiten obtener un mayor porcentaje de remoción de contaminantes?

El objetivo general de la investigación es estructurar la aplicación de la electrocoagulación para el tratamiento de las aguas residuales provenientes de la industria textil para obtener un mayor porcentaje de remoción de contaminantes, para ello establecimos como objetivos específicos los siguientes:

OE 1: Identificar los tipos de reactores que son los más utilizados para tratar las aguas residuales provenientes de la industria textil aplicando la electrocoagulación.

OE 2: Identificar los parámetros de mayor influencia que permiten obtener un mayor porcentaje de remoción de contaminantes de aguas residuales provenientes de la industria textil aplicando la electrocoagulación.

OE 3: Identificar los valores óptimos de los parámetros de mayor influencia en la aplicación de la electrocoagulación que permiten obtener un mayor porcentaje de remoción de contaminantes de aguas residuales provenientes de la industria textil.

II. MARCO TEÓRICO

En la tabla 1 apreciamos los antecedentes que serán de aporte a nuestra investigación en concordancia a los diversos trabajos que realizaron sobre la electrocoagulación en el tratamiento de aguas residuales provenientes de la industria textil, donde nos señalan los tipos de reactores, parámetros de mayor influencia, los valores óptimos de los parámetros evaluados en la aplicación de la electrocoagulación y también su alcance porcentual de remoción de demás contaminantes, para más detalles se puede consultar el Anexo 4.

Tabla 1. Antecedentes sobre la electrocoagulación en el tratamiento de aguas residuales provenientes de la industria textil

| TÍTULO | AUTOR | FUENTE | OBJETIVO | DISEÑO | MUESTRA Y LOCALIZACIÓN | INSTRUMENTO | RESULTADOS |
|---|-------------------------|--------|--|---------------|---|---|--|
| Treatment of textile industry wastewater by electrocoagulation technology | Rezaga ma et al. (2021) | Scopus | determinar el voltaje más efectivo para la remoción de DQO y colorantes determinar el tipo de ánodo y cátodo fue más efectivo removiend | Experim ental | La muestra fue creada en laboratorio, simulando las condiciones del agua residual proveniente de la industria textil 1091 mg/L Pt-Co (platino y cobalto). | El reactor utilizado es de tipo batch Los electrodos utilizados son de hierro y aluminio con una longitud de 15 cm y una anchura de 10 cm como ánodo y cátodo. Las variaciones utilizadas son Al-Al, Al-Fe, Fe-Al, Fe-Fe. | En el primer experimento, se encontró que el voltaje eléctrico que podía producir la mejor remoción de contaminantes era 4 amperios y en el segundo experimento, el tipo de ánodo-cátodo con el mayor % de remoción fue Fe-Fe con % de eliminación de DQO de 64% y de eliminación de color de 60%. Se concluyó que los parámetros de mayor influencia los valores que permiten un mayor porcentaje en la remoción de contaminantes fueron el voltaje de 4 amperios y |

| | | | | | | | |
|--|---------------------|--------|---|--------------|--|---|--|
| | | | o la DQO, color y metales pesados. | | | | los electrodos de tipo Fe, debido a que ambos parámetros fueron los pilares en los que se centró su investigación. |
| Electrochemical removal of brilliant green dye from wastewater | Aqeel et al. (2020) | Scopus | Remediar los efluentes coloreados artificialmente con colorante verde brillante BG (Brilliant Green) como modelo. | Experimental | La muestra fue elaborada en laboratorio con una concentración de 30 mg/L, el pH fue establecido en 3 valores de 4,7 y 10 añadiendo HCl (cloruro de hidrógeno) o NaOH (hidróxido de | El reactor utilizado fue de tipo batch. Las placas de aluminio de 1mm de grosor y 99% de pureza HCl, NaOH como electrolitos de apoyo para balancear la conductividad. | Los resultados arrojados por la investigación fueron los siguientes: Una eliminación del 95,3 % del colorante BG en 30 minutos con un espacio entre electrodos de 4,0 mm, una corriente continua de 488 mA y un pH de 7,0. La investigación identificó que los parámetros más influyentes que permitieron obtener un mayor porcentaje de eliminación del contaminante BG fueron el pH, el espacio entre electrodos, la densidad de |

| | | | | | | | |
|---|---------------------|--------|--|--------------|---|---|---|
| | | | | | sodio) y la conductividad fue establecida en 320 $\mu\text{S}/\text{cm}$. | | corriente y el tiempo de operación aplicada. |
| Economic Valuation and Effectiveness of Utilizing Electrocoagulation System in Reducing Chemical Oxygen | Fikri et al. (2019) | Scopus | Demostrar la efectividad de la electrocoagulación en la reducción de la Demanda Química de Oxígeno y | Experimental | Se construyeron 3 celdas de electrocoagulación cada una con una distribución en serie de ánodos y cátodos en la primera celda se usaron 4 | El reactor utilizado fue de tipo batch (vidrio/acrílico/polietileno), adicionalmente se utilizaron los siguientes equipos: voltímetro, bomba, fuente de alimentación, cronómetro. | La DQO antes del tratamiento era de 221,5 mg/l, con 4 placas se obtuvo una disminución del 62,2 % contaminantes, con 6 una disminución del 73,06 %, y con 8 placas una disminución del 85,26%. Podemos concluir que variar el número de placas de electrodos prueba que cuantas más placas se utilicen, mayor será el porcentaje de remoción de contaminantes. Esto es porque |

| | | | | | | | |
|--|------------------------|-------|--|--------------|--|--|--|
| Demand of Textile Industry Wastewater | | | realizar una valoración económica del proceso de la electrocoagulación. | | placas de aluminio, en la segunda 6 y finalmente en la tercera 8. | | cuanto mayor sea el número de electrodos, más hidrógeno gaseoso se producirá aumentando la capacidad de formar flóculos. La distancia entre electrodos que permitió el mayor porcentaje de remoción de contaminantes fue de 3 cm y el amperaje de 5 A, 9 voltios y un tiempo de operación de 45 minutos. |
| Remoción de colorantes de efluente sintético de industria textil aplicando | Bermeo y Tinoco (2016) | Ebsco | Remover colorantes orgánicos e inorgánicos de efluentes textiles por medio de la | Experimental | Se prepararon 100 litros de la muestra sintética de agua residual de industria textil, | El reactor utilizado fue de tipo batch. Se utilizó 01 electrodo de hierro, con 9 placas, con separaciones de 0.8 mm, | El procedimiento es efectivo el tratamiento de aguas residuales industriales de la industria textil logrando una eficiencia de remoción del 97.57% de DQO y 99.11% de color. Se determinó que los parámetros y valores óptimos de operación que |

| | | | | | | | |
|--|----------------------|-------|---|--------------|---|---|--|
| tecnología avanzada | | | técnica de electrocoagulación con electrodo de hierro. | | mediante reactivos y fórmula proporcionadas por una industria. | dispuestos alternadamente y en forma paralela. | permitieron lograr un mayor porcentaje de remoción fueron los electrodos 3x2, pH 10, intensidad de corriente 15 A y 18 V. |
| Decolorization of Reactive Dye Solutions by Electrocoagulation using Iron Electrodes | Rekha y Usha. (2016) | Ebsco | Demostrar la viabilidad de la electrocoagulación ante las soluciones de colorantes reactivos. | Experimental | Se preparó una solución estándar de agua residual de tinte simulada que contenía rojo reactivo disolviendo 1 g de tinte en 1 L de agua destilada. | El reactor utilizado fue de tipo batch. Como ánodo y cátodo se utilizó acero dulce 2 cm de distancia entre electrodos, dimensión de 5 cm x 5 cm. El área efectiva del electrodo fue de 25 cm ² . | Los parámetros evaluados y los valores que permiten obtener un mayor porcentaje de remoción para el colorante reactivo fueron 0,44 A con pH neutro con un tiempo de reacción de 10 min. Siendo el tiempo de operación el pH y el amperaje aplicado los parámetros de mayor relevancia. |

| | | | | | | | |
|---|----------------------------|----------------------|---|--------------------|---|---|--|
| <p>Application of electrocoagulation for the efficient pollutants removal to reuse the treated wastewater in the dyeing process of the textile industry</p> | <p>Núñez et al. (2019)</p> | <p>Scientedirect</p> | <p>Demostrar que el tratamiento de la electrocoagulación resulta en altas eficiencias de remoción y que después del tratamiento es posible reutilizar los residuos líquidos</p> | <p>Experimetal</p> | <p>-Residuos líquidos industriales provenientes del proceso de lino teñido. -Residuos líquidos industriales provenientes de la piscina de efluentes residuales en la que se depositan todos los efluentes de la industria textil.</p> | <p>El reactor utilizado fue de tipo batch. Los Electroodos: cátodo de aluminio puro (99,9%) y ánodo acero (95% Fe). Los electrodos se colocaron en paralelo, con una separación de 12 mm.</p> | <p>Los parámetros que permitieron obtener un mayor porcentaje de remoción de contaminantes para la muestra de agua residual procedente del teñido del lino fueron, pH, densidad de corriente y tiempo de tratamiento. El proceso condujo a una reducción máxima del 80 %, 65 % y 24 % para el color, la turbidez y la DQO, respectivamente. Para la muestra de aguas residuales provenientes de la piscina de efluentes residuales, los parámetros y sus valores fueron 8 mA/cm² para la densidad de corriente, 10 min para el tiempo de operación, pH 7.1 Conduciendo a una remoción de 86%, 82% y 59%, para color,</p> |
|---|----------------------------|----------------------|---|--------------------|---|---|--|

| | | | | | | | |
|--|----------------------|-------|---|--------------|---|--|---|
| | | | industriales en el proceso de teñido de lana. | | | | turbidez y DQO, demostrando que el agua residual de la muestra 2 tratada podría ser reutilizada en el proceso de teñido de lino. |
| Application of continuous system electrocoagulation method | Sutanto et al (2021) | Ebsco | Determinar la densidad de voltaje y caudal óptimos por sistema continuo de la EC. | Experimental | La muestra utilizada en esta investigación son aguas residuales reales de industriales textiles en Cibitung, Bekasi, Java Occidental. | El reactor utilizado fue de tipo continuo, las placas de Al como electrodo, la variación de la distancia del electrodo aplicada fue de 1.5, 3, 4.5 y 6 cm. | La reducción de DQO es de 91,80% desde 1683 mg/L a 138 mg/L y TSS disminuyó 87.83% de 937 mg/L a 114 mg/L, el color en un 84,26 %, es decir, de 305,5 a 48,5 mg/L escala Pt-Co. Los resultados de este estudio mostraron los parámetros que permiten obtener un mayor porcentaje de remoción de contaminantes fueron a una densidad de voltaje de 12 V/cm (18 voltios, 1,5 cm) y HRT 30 minutos (tasa de flujo de 1 mL/s) |

| | | | | | | | |
|--|-----------------------------|-------|---|--------------|--|--|--|
| Songket industry wastewater Processing using electrocoagulation method | Rusdian asari et al. (2019) | Ebsco | Eliminar de los desechos líquidos de la industria Songket mediante el uso de la electrocoagulación. | Experimental | La muestra utilizada fue agua residual real líquida de la industria Songket en el área de Kertapati. | El reactor utilizado fue el de tipo batch, se utilizaron 02 electrodos de aluminio con dimensiones de 16,5 cm de largo, 7 cm de ancho, 1 cm de distancia entre electrodos, 0,2 cm de espesor de electrodo. | Los porcentajes de eliminación de contaminantes obtenidos fueron 67,28% para SST, 54,13% para DBO5, 63,64% para DQO, 79,21% para intensidad de color y 74,93% para niveles de fenol. Los parámetros y valores aplicados para obtener esos resultados fueron tiempo de operación 160 minutos y densidad de corriente de 25 A/m ² Estos resultados han cumplido con los estándares de calidad de aguas residuales de la industria textil para el país de Indonesia. |
| Electrocoagulation Method to Reduce | Rusdian asari et al. (2020) | Ebsco | Determinar el efecto de la distancia de los | Experimental | Agua residual de la industria textil de Jumputan. | El reactor utilizado fue de tipo batch, se utilizaron electrodos de | La remoción de contaminantes fue: reducción de turbiedad 99,84%, remoción de STD 66,59%, remoción de SST |

| | | | | | | | |
|--|------------------------|--------|--|--------------|--|---|--|
| Pollutants in the Wastewater of Jumputan Fabric Industry | | | electrodos con las variaciones y las tensiones del proceso mediante la electrocoagulación. | | | aluminio, 4 piezas, cada una de las dimensiones de 11 x 10,5x0,15 cm minutos, variación de la distancia del electrodo 1,5; 2.0; y 2,5 cm y variaciones de tensión de proceso (10, 13, 15, 17 y 20 voltios). | 33,68%, remoción de color 99,33% y remoción de cromo metálico 62,5%. Los parámetros de mayor influencia y sus valores que lograron obtener un mayor porcentaje de remoción de contaminantes fueron el tiempo de reacción de 120 minutos con una distancia entre electrodos de 1.5 cm y un voltaje de 20 V. |
| Influence of operating parameters on electrocoa | Ghernaut et al. (2014) | Scopus | Eliminar el colorante orgánico (disperse yellow 3), utilizando | Experimental | En 1000 ml vaso de precipitados, lleno con 500 ml de solución de | El reactor utilizado fue de tipo batch. Se utilizó electrodos de Fe-Al en distribución paralela con una | Se concluyó que los parámetros que permiten obtener un mayor porcentaje de remoción del contaminante disperse yellow 3 tinte, fueron la densidad de corriente de 350 A/m ² , (voltaje |

| | | | | | | | |
|---|----------------------------|-------|--|------------------|---|---|--|
| gulation of c.l. disperse yellow 3 | | | el método de la electrocoa gulación. | | colorante sintético (agua destilada + DY3 + NaCl). | distancia de 2 cm y sus dimensiones de 4x10.5 cm ² se utilizó NaCl (electrolito) como apoyo para aumentar la conductividad de la muestra tratada alterando su pH y mejorando el % de remoción del disperse yellow 3. | aplicado 12V), electrolitos de apoyo NaCl = 1 g/L, durante 10 min de operación. También se demostró que usar electrodos de Fe es ligeramente menos eficiente que usando electrodos de Al. |
| Treatment and Operating Cost Analysis of Textile | Kalpataru et al. (2019) | Ebsco | Eliminar el color y DQO de los efluentes textiles mediante el | Experim ental | Las aguas residuales textiles utilizadas para este experimento | El experimento se realizó en un reactor tipo batch en calidad de vidrio con lados dobles en | Se encontró efectividad en la aplicación de electrocoagulación para aguas residuales textiles con eficiencias de remoción de color, DQO y turbidez en 98.2%, 67.4% y 71.5%, respectivamente con |

| | | | | | | | |
|--|---------------|------------------|--|--------------|--|---|--|
| Wastewater by Electro-coagulation Using Mild Steel Electrodes | | | proceso de la electrocoagulación. | | se obtuvieron de A-One Polar Ltd y Modele de Capital industries Limited ambos con capacidad de 1500 ml de agua residual. | dimensiones de 12x7.5x4.8 pulgadas. Con electrodos en calidad de hierro (Fe) y Aluminio (Al). | electrodos Fe a 25 mm de distancia entre ellos. Con valores óptimos de parámetros 5 A, 15 min y pH 5.5. |
| Tratamiento de aguas residuales en la industria textil, por el | Choque (2019) | Google Académico | Desarrollar, proponer, evaluar y analizar mediante la experiment | Experimental | Las muestras de aguas residuales se recolectaron de industrias | Reactor tipo continuo en calidad de acrílico con dimensiones de altura 400mm, base de 306mm y | Se obtuvo un alto grado de remoción de DQO de 54.1%, con valores óptimos en densidad de corriente 57.2 A/m ² , el tiempo de retención hidráulica óptima es de 50 minutos, material de electrodo |

| | | | | | | | |
|------------------------------|--|--|---|--|-------------------------------------|---|--|
| método de Electrocoagulación | | | <p>ación las eficiencias del tratamiento de aguas residuales de la industria textil por el método no convencional "Electrocoagulación".</p> | | <p>textiles reales en Arequipa.</p> | <p>ancho 106mm en escala de laboratorio. Se utilizó 15 electrodos en calidad de Fe.</p> | <p>hierro, y con distancia de 2 cm entre electrodos.</p> |
|------------------------------|--|--|---|--|-------------------------------------|---|--|

| | | | | | | | |
|--|----------------------|-------|---|--------------|---|---|---|
| Removal of Reactive Red 141 Dye from Synthetic Wastewater by Electrocoagulation Process: Investigation of Operational Parameters | Rahman et al. (2015) | Ebsco | Estudiar la eficiencia del proceso de la EC en la decoloración de aguas residuales sintéticas utilizando electrodos de hierro e investigar en varios niveles el papel de diferentes parámetros operativos influyentes | Experimental | Este estudio experimental se realizó a escala de laboratorio. Los productos químicos se compraron de Merck. Reactive Red 141. | El experimento se realizó en un reactor tipo batch en calidad de pírrex con dimensiones de 0.2 cm grosor por 3 cm de ancho por 11 cm de alto, con electrodos en calidad de hierro (Fe). | Se demostró la eficiencia de remoción del 98% del colorante RR141. Resaltando parámetros como densidad de corriente y tiempo de duración, electrodos de Fe con condiciones óptimas de pH 9.68, distancia entre electrodo 1.58 cm, tiempo de retención: 10.82 min e intensidad de corriente 22.76 mA/cm ² . |
|--|----------------------|-------|---|--------------|---|---|---|

| | | | | | | | |
|--|------------------------------|-------|---|--------------|--|---|---|
| | | | en la eliminación del tinte. | | | | |
| Detoxification and decolorization of Moroccan textile wastewater by electrocoagulation: energetic and toxicological evaluation | Mountasser y Benyahia (2014) | Ebsco | Comparar la efectividad de cada material de electrodo en la eliminación de contaminantes de aguas residuales reales. Una vez identificada | Experimental | Se realizó utilizando aguas residuales de una gran industria textil "Tenmar" ubicada en el sur de Marruecos. | El experimento se realizó en un reactor tipo batch en calidad de pírex con capacidad de 0.3 L, con electrodos de aluminio (Al) y hierro (Fe). | Se concluyó en que la electrocoagulación es eficiente en remoción de color y DQO. Se comparó los materiales de electrodos Al y Fe: Indicando que Fe tiene mayor remoción de color (91% Fe y 70% Al) durante 25 min de tiempo de duración, 100 A/m ² densidad de corriente y pH 9. Sin embargo, para la reducción de DQO el electrodo Al es más eficiente obteniendo 78% de abatimiento a una densidad de corriente de 125 A/m ² , 25 min de tiempo de operación y pH 7. |

| | | | | | | | |
|---|--------------------|---------------|---|--------------|--|--|--|
| | | | s las condiciones óptimas, examinamos la eficacia de la descontaminación. | | | | La eficacia del tratamiento es influenciada por la densidad de corriente y tiempo de duración con electrodos a 25 cm de distancia entre ellos. |
| Electrocoagulation using a rotated anode: A novel reactor design for textile wastewater treatment | Naje et al. (2016) | ScienceDirect | Examinar el efecto de distintos parámetros de operación, como la velocidad de rotación, la densidad | Experimental | Las aguas residuales utilizadas en este trabajo se recolectaron de una importante industria textil en Irak | El reactor utilizado fue de tipo batch con de 10 litros tenía un depósito agitado de forma cilíndrica (diámetro exterior, 180 mm; diámetro interior, 174 mm; longitud total, 500 | La investigación concluyó los parámetros que permiten obtener un mayor porcentaje de eliminación de contaminantes en el tratamiento de aguas residuales textiles fueron una densidad de corriente de 4mA/cm ² , tiempo de operación del reactor de 10 minutos a 150 rpm, pH 4.57 y la distancia entre |

| | | | | | | |
|--|--|--|---|---|--|--|
| | | | <p>de corriente, el tiempo operativo, el pH, la temperatura y la distancia entre electrodos en la eficiencia de eliminación de contaminantes. Además, también se calcularon</p> | <p>(Babilonia). La industria utiliza el Imperon Violet KB para el proceso de teñido de telas.</p> | <p>mm) y estaba construido de metacrilato. Se unió un eje giratorio (diámetro, 32 mm) a un motor de velocidad ajustable para sostener la estructura del impulsor y también para mantener las rotaciones del electrodo. El motor es de tipo eléctrico CA y suministra varias velocidades de</p> | <p>electrodos de 1 cm. Siendo los porcentajes de remoción de contaminantes con los parámetros anteriormente mencionados los siguientes : para la demanda química de oxígeno (DQO) 97.10 %, la demanda biológica de oxígeno (DBO) 95,55 %, los sólidos suspendidos totales (TSS) 98 %, la turbidez, 96 % y el color 98.50 %, respectivamente. La adición de electrolitos de apoyo no modifica en gran medida el porcentaje de eliminación de contaminantes.</p> |
|--|--|--|---|---|--|--|

| | | | | | | |
|--|--|--|--|--|---|--|
| | | | <p>los consumos de aluminio (Al) y energía eléctrica, así como los costos de operación en condiciones óptimas.</p> | | <p>estado estable (1000 rpm, 5A, 220V.).</p> <p>Los electrodos eran de aluminio (Al). El ánodo giratorio consta de 10 impulsores. Cada impulsor consta de cuatro varillas principales (longitud, 30 mm; diámetro, 12 mm), con 10 anillos utilizados como cátodo. Cada anillo (diámetro, 172 mm; diámetro interno, 134 mm; grosor, 12 mm) se</p> | |
|--|--|--|--|--|---|--|

| | | | | | | | |
|--|-----------------------------|----------------------|---|---------------------|--|---|--|
| | | | | | | <p>dispuso secuencialmente a una distancia de 30 mm entre sí. La superficie activa total fue de 500 cm².</p> | |
| <p>Investigation of cotton textile industry wastewater treatment with electrocoagulation process: performance, mineralization, and kinetic study</p> | <p>Asfaha et al. (2022)</p> | <p>ScienceDirect</p> | <p>Evaluar el rendimiento del proceso de electrocoagulación y por su capacidad para eliminar el color, el</p> | <p>Experimental</p> | <p>El tinte reactivo Vivizol Red 3BS (VR 3BS 150%) se compró a SM Eksoy Dyes and Chemicals PLC, Addis Abeba, Etiopía, para</p> | <p>El reactor utilizado fue de tipo batch de 1.000 mL con una capacidad de trabajo efectiva de 600 mL. Se utilizaron cuatro electrodos de Al (2 ánodos, 2 cátodos) de la misma dimensión. Las dimensiones</p> | <p>La eficiencia de eliminación de color de los efluentes de aguas residuales provenientes de la industria textil en el proceso EC son muy eficaz en la eliminación del efluente que contiene el colorante reactivo Vivizol Red 3BS al 150%. El porcentaje máximo de remoción de color fue de 89 % y DQO del 76 % y se logró ejecutando los valores de los siguientes parámetros: tiempo</p> |

| | | | | | | |
|--|--|--|---|---|---|---|
| | | | <p>(TOC), (DQO) mediante electrodos de aluminio. modificand o DC aplicada, el tiempo de electrólisis y el pH.</p> | <p>preparar las aguas residuales textiles simuladas requeridas en el laboratorio. Se eligió este tipo de tinte porque es ampliamente aplicado en la industria textil del algodón.</p> | <p>operativas del electrodo de Al son 6,5 cm - 2,5 cm - 0,1 cm (alto, ancho, espesor) con una superficie total efectiva de 65 cm cuadrados. Los electrodos se limpiaron a fondo con una solución de acetona y ácido clorhídrico con una concentración de 2 M para eliminar cualquier grasa e impurezas superficiales.</p> | <p>de operación de 25 minutos, la densidad de corriente 32,95 mA/ cm², y pH inicial de 3, de igual manera el TOC de 122 mg/L se redujo a 63,7 mg/L (47%) mediante la aplicación de la EC. Se concluye que los parámetros de mayor influencia que permitieron un mayor porcentaje de remoción fueron el tiempo de operación y la densidad de corriente.</p> |
|--|--|--|---|---|---|---|

| | | | | | | | |
|--|--------------------------------|---------------|---|---------------------|--|--|--|
| <p>Batch electrochemical coagulation of real textile wastewater using Cu-SS and SS-Cu electrode combinations and its settleability aspects</p> | <p>Srikantha et al. (2020)</p> | <p>Scopus</p> | <p>Evaluar el rendimiento del proceso de electrocoagulación mediante la aplicación de 16 combinaciones diferentes en la distribución de 4 electrodos de acero inoxidable y cobre.</p> | <p>Experimental</p> | <p>Los químicos requeridos para la estimación de parámetros fueron de grado de reactivo analítico adquirido en Himedia Laboratories, Mumbai, la India.</p> | <p>El reactor utilizado fue de tipo batch con forma cúbica, fabricado en vidrio con dimensiones de 150 × 140 × 130 mm, un volumen 1.5 L. y conectado a un agitador magnético de 400 rpm. Los electrodos de acero inoxidable y cobre con una dimensión de 100 x 50mm (alto y ancho) y con un grosor de 0.7 a 1 mm.</p> | <p>Los resultados revelan un buen potencial para remover un porcentaje alto de la DQO, el color y otros parámetros de calidad del agua aplicando la EC en aguas residuales provenientes de la industria textil. Las combinaciones de electrodos 4 SS y 3 SS-1 Cu operados con un voltaje de celda aplicado de 18 V y DC de 180 A/m², lograron una eliminación máxima de DQO del 89,37% para 4 SS y del 72,34 % para 3 SS-1 Cu. Del mismo modo, las eliminaciones de color de Se logró 97% y 98% para las combinaciones 4SS y 3SS-1Cu. en 45 min, los parámetros como TDS, cloruro, nitrato, fosfato y sulfato se redujeron utilizando</p> |
|--|--------------------------------|---------------|---|---------------------|--|--|--|

| | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | | combinaciones de electrodos 4 SS y 3 SS- 1 Cu. Siendo los parámetros evaluados más importantes para obtener el mayor porcentaje de remoción de contaminantes el tipo de electrodos y su distribución, el tiempo de operación, el voltaje y la densidad de corriente. |
|--|--|--|--|--|--|--|--|

Nota: DQO: Demanda Química de Oxígeno, BG: Colorante Big Green, HRT: tasa de flujo, TOC: Carbono Orgánico Total, EC: Electrocoagulación. SS: Acero inoxidable, TDS: Sólidos Disueltos Totales. DC: Densidad de Corriente, M: mol. Fe: Hierro, HCl: cloruro de hidrógeno, NaOH: hidróxido de sodio. A: amperio, SST: Solidos Totales Suspendidos.

Fuente: Elaboración Propia

Por consiguiente, a lo mostrado en los antecedentes, describimos las teorías que van relacionadas a la investigación como efluentes textiles; electrocoagulación y sus mecanismos y los parámetros influyentes en el tratamiento de la electrocoagulación.

Los efluentes provenientes de la industria textil son característicos por poseer una variedad y múltiple mezcla de contaminantes químicos y residuos (Vergara, Pérez, Suarez y Hernández, 2012, p.121-131), contienen un alto contenido de sólidos suspendidos (SS) y colorantes, un pH muy variable, valores en rango de 5 - 12, elevados niveles de temperatura, demanda bioquímica de oxígeno (DQO) y demanda química de oxígeno (DQO); con una relación de 0.2 - 0.5 respectivamente descritos, indicándonos una gran magnitud en contaminantes no biodegradables (Yusuff y Soniabare, 2004, p.212-221; Savin y Butnaru 2008; Myrna Solís, Aida Solís, Inés, Manjarrez y Flores, 2012, p1723-1748). El efluente textil representa un riesgo para demás cuerpos de agua superficiales, por la adición de nutrientes que provienen de la materia orgánica en descomposición o de compuestos químicos antropogénicos (Zepeda, Cruz, Corona, Castilla y Meraz, 2011, p.67-77).

En la Tabla 2 se observan valores promedios de los parámetros que corresponden al efluente proveniente de las etapas del proceso de la industria textil.

Tabla 2. *Valores promedios de etapas del proceso de la industria textil*

| Parámetro | Unidades | Lavado | Blanqueo | Mercerizad o | Tintura |
|-----------------------|----------|---------|-----------|-----------------|-------------|
| pH | | 9 - 14 | 8.5 - 11 | 8 - 10 | 1.5 - 10 |
| Sólidos disueltos | (g/L) | 12 - 30 | 2.5 - 11 | 2 - 2.6 | 1.5 - 4 |
| Sólidos en suspensión | (g/L) | 1 - 2 | 0.2 - 0.4 | 0.6 - 1.9 | 0.05 - 0.35 |

| | | | | | |
|----------|-------|-----------|-----------|-------------------|-------------------|
| Color | | - | - | Fuerte coloración | Fuerte coloración |
| DBO | (g/L) | 2.5 - 3.5 | 0.1 - 0.5 | 0.05 - 0.12 | 0.1 - 0.4 |
| DQO | (g/L) | 10 - 20 | 1.2 - 1.6 | 0.25 - 0.4 | 0.4 - 1.4 |
| Cloruros | | - | - | 350 - 700 | - |
| Sulfatos | (g/L) | - | - | 0.1 - 0.35 | - |

Fuente: Buscio, 2015, p.28

Por consiguiente, las aguas residuales textiles presentan elevados valores de coloración, DQO, DBO, pH y salinidad en la etapa de tintura (Blanco, Francesc Torrades, De la Varga y Montaña, 2012, p.394-399).

Se considera la cantidad de 280 000 toneladas de colorantes que son descargados en el mundo (Jin, Liu, Xu y Tao, 2007, p.239-243), colorantes que resultan desfavorables para el ambiente. El efecto de coloración en el cuerpo de agua impide el ingreso de luz solar, interrumpiendo el proceso fotosintético, disminuyendo el oxígeno disuelto por lo que participa de manera negativa para en la vida acuática (González, Susial, Pérez y Dona, 2012, p.593-608); Se ha comprobado que algunos colorantes al descomponerse anaeróbicamente crean aminas cancerígenas (Fu y Viraraghavan, 2001, p.251-262). También se indica que en la industria textil se utiliza una variedad de sustancias químicas, concluyendo a decir que los efluentes originados de la industria textil deben ser procesados antes de verter a demás cuerpos de agua.

El recurso hídrico es uno de los elementos naturales más importantes. Elemento de mayor abundancia en el planeta siendo factor primario para la supervivencia humana, que se emplea para en distintos sectores en forma de fuente de energía y otros.

Actualmente la preocupación por la escasez y contaminación de los recursos naturales en especial los hídricos, ha permitido el desarrollo de políticas que ayuden a mitigar y prevenir más daños hacia los mismos.

El creciente aumento en el desarrollo industrial conlleva una mayor demanda en el consumo de recursos naturales, con el fin de obtener un producto final y a su vez es directamente proporcional a la cantidad de emisiones líquidas o sólidas generadas.

En el proceso de producción textil se utilizan diversos elementos químicos, como disolventes, tintes, colorantes, lejía, agentes blanqueadores y metales pesados. Al finalizar las determinadas etapas de producción, todos estos productos son eliminados con la materia prima más usada es decir el agua, generando así el agua residual.

Los procesos que aportan con la cantidad más importante de aguas residuales son el lavado, la tintura, el estampado y finalmente el acabado. Este tipo de aguas son altamente volubles y variables en su conformación ya que están supeditadas del proceso y la operación que se ejecute (Orozco, 1995, p. 62).

Actualmente, los tratamientos aplicados en aguas residuales han ido compitiendo en función a puntos de vista ambiental, de eficiencia y costos; resaltando las tecnologías electroquímicas como la electrocoagulación, desarrollándose en un reactor (celda electrolítica) estructurado por dos electrodos, un ánodo y un cátodo, conectados con una fuente de poder (Restrepo, Arango y Garcés, 2006, p. 58-77); en otros términos se fundamenta en la aplicación de una corriente eléctrica lo que provoca la producción de iones metálicos en el ánodo e hidroxilos en el cátodo, que actúan como coagulantes y al unirse se desestabilizan y arrastran los contaminantes que se encuentran en solución por adsorción o precipitación (Robinson, Tim, McMullan, Geoff, Marchant, Roger, Nigam y Poonam, 2001, p.247-255). Al igual que en todo proceso electroquímico, la electrocoagulación origina al mismo tiempo los siguientes fenómenos entre los dos electrodos y la solución electrolítica (Hernández 2011); se conoce que se desarrolla esencialmente en tres pasos: 1) formación del coagulante en el ánodo por oxidación electrolítica del metal. 2) Desestabilización de los contaminantes y emulsiones y 3) Producción de flóculos

por agrupación de partículas de los contaminantes o adsorción en el floculo de compuestos presentes en la solución (Perozo y Abreu, 2017, p.56-69).

Hoy en día, existen diferentes tipos de reactores para electrocoagulación siendo más resaltantes: tipo batch o del tipo continuo (Koby, Gengec y Demirbas, 2016, p.87-100). Seleccionar alguno de estos reactores está sujeto a las particularidades de cada contaminante encontrado y de su concentración, también es importante la cantidad de agua residual que se vaya a tratar, el reactor de tipo batch debe operar siempre por su diseño con un volumen ya establecido de agua residual para ser tratada en un periodo de operación (Restrepo et al. 2006), operando en condiciones dependiendo del tiempo ya que el coagulante se genera continuamente en el reactor con la disolución del ánodo (Bazrafshán, Mohammadi, Ansari y Hossein, 2015, p.1-16). Sin embargo, el reactor tipo continuo se aplica en cantidades de aguas continuas, teniendo mayor costo y una operación en condición estacionaria (Holt, Barton y Mitchell, 2005, p.355-367).

La distribución de electrodos en la electrocoagulación, se realiza regularmente de tres formas: La figura 1, los electrodos monopolares en conexiones paralelas son la disposición más simple de una celda de la electrocoagulación. Consiste en pares de placas de metal conductoras colocadas entre dos electrodos paralelos y una fuente de alimentación eléctrica (Pretorius, Vredenberg y Saris, 1991, p.3636-3646).

Asimismo, los electrodos monopolares en conexiones en serie se describen en figura 2, los pares de electrodos internos que serán sacrificados están enlazados conjuntamente desde el interior y no tiene conexión con los demás electrodos. En este caso, la carga eléctrica que pasa por los materiales de sacrificio es el mismo, mientras que el voltaje global es la suma del voltaje en cada celda electrolítica individual (Mollah, 2001, p.29-41).

En la figura 3, el material de sacrificio de forma bipolar - conexión en serie compuesto por dos materiales de sacrificio conectados con la unidad de alimentación eléctrica y estos mencionados colocados entre los dos materiales de sacrificio exteriores. Los materiales interiores son de forma bipolar y los exteriores de forma monopolar.

Los electrodos no están entrelazados y tienen como actuación de sus lados como ánodo y cátodo de manera simultánea. Esto significa que sus lados actúan de forma bipolar en lado opuesto y tienen carga opuesta, por el lado positivo obtenemos la disolución del ánodo mientras que las reacciones del cátodo de manera propensa se obtienen del lado negativo (Mollah, 2001, p.29-41).

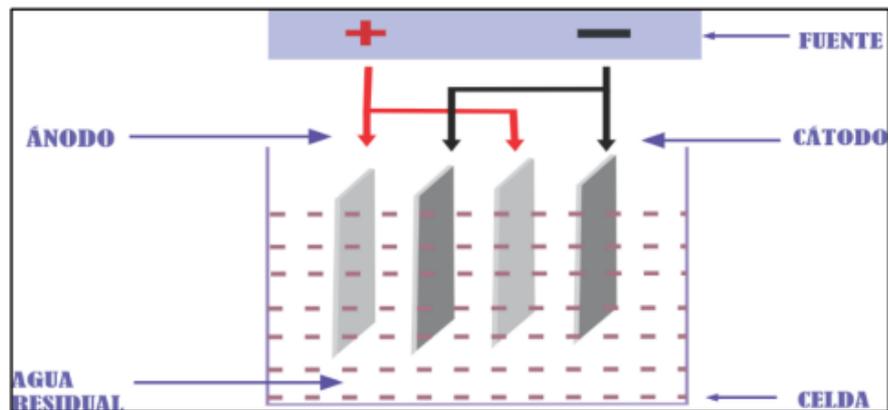


Figura 1. Materiales de sacrificio de forma monopolar - conexión paralela

Fuente: Mollah 2001, p.29-41

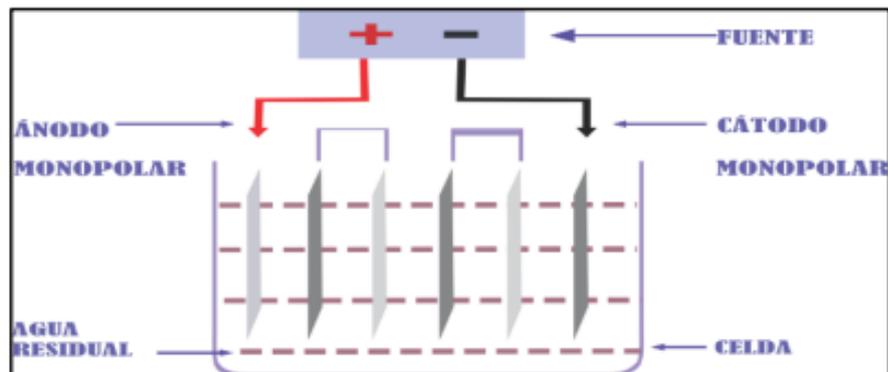


Figura 2. Materiales de sacrificio de forma monopolar - conexión en serie

Fuente: Mollah 2001, p.29-41

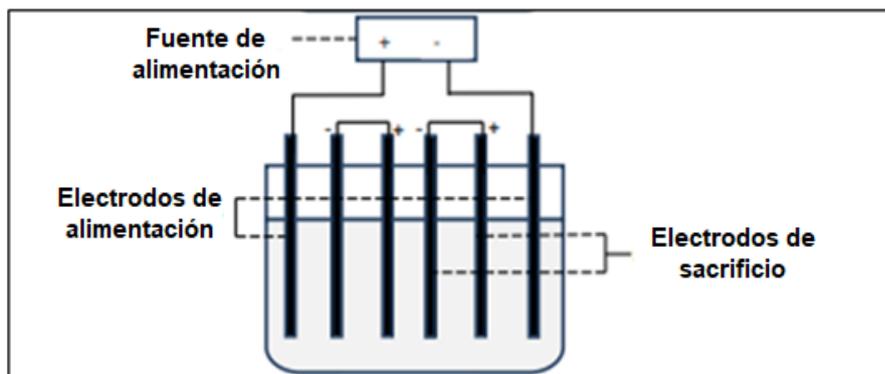


Figura 3. Material de sacrificio de forma bipolar - conexión en serie

Fuente: Hakizimana et al. 2017, p.1-21

En la figura 4. Una celda electrolítica contiene componentes que conducen corriente o de sacrificio (materiales de sacrificio o electrodos), son introducidos en efluentes a procesar, siendo estos utilizados para generar solución electrolítica. El reactor entra en funcionamiento conectado a una fuente de energía eléctrica que haciendo posible la generación de reacciones electroquímicas entre los materiales de sacrificio y compuestos existentes en el efluente, dando por resultado a procesos de reducción en el cátodo produciendo hidrógeno a través de protones del agua y de oxidación en el ánodo produciendo iones metálico y oxígeno. Como consecuencia, los compuestos de contaminación forman componentes hidrofóbicos que se muestran en precipitación o flotación, haciendo más accesible su remoción por métodos secundarios (Holt et al., 2005, p.355-367; Restrepo et al. 2006).

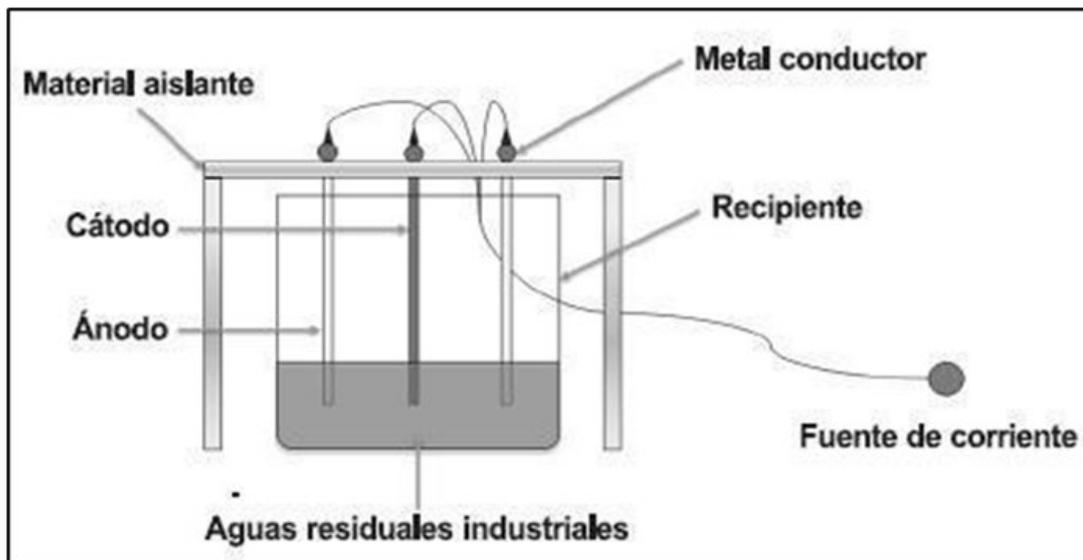


Figura 4. Sistema de electrocoagulación
Fuente: Morales, 2010, p.33-44

En un proceso de la electrocoagulación, el conjunto de electrodos normalmente se conecta a una fuente de corriente externa. La totalidad de carga eléctrica que se transporta por medio de la solución electrolítica es responsable de la cantidad de metal disuelto o depositado. Una correlación sencilla entre la intensidad de corriente (A) y la cantidad de sustancias (M) disuelto que puede derivar de la ley de Faraday (Thakur, 2016, p.254-259).

$$m = \frac{I \cdot t \cdot M}{Z \cdot F}$$

Decimos que:

(m) = masa del catión generada, representado en (gr)

(I) = intensidad - corriente eléctrica, representado en (A)

(t) = tiempo de operación, representado en (s)

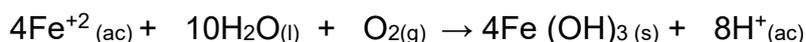
(M)= masa molecular del metal, representado en (gr/mol)

(Z) = cantidad de electrones / átomo de metal

(F) = Faraday, representado en (96485 Coulomb/mol)

Actualmente los materiales más concurrentes en utilizar como electrodos en el proceso de electrocoagulación son el aluminio y el hierro, teniendo como reacciones los descritos a continuación. Su proceso es afectado por factores, teniendo como los más importantes las características y la concentración de los contaminantes presentes, la conductividad y el pH, estos factores determinan los procesos electroquímicos que ocurren en el sistema de la electrocoagulación y la conformación del coagulante. Para el proceso donde el hierro ejerce como ánodo, se plantean dos mecanismos que pueden explicar la formación in situ de dos posibles coagulantes, estos son el hidróxido ferroso $\text{Fe}(\text{OH})_2$ o hidróxido férrico $\text{Fe}(\text{OH})_3$ (Bayramoğlu, Mahmut, Kobya, Mehmet, Can, Orhan, Taner y Sozbir, Mustafa, 2004, p.117-125).

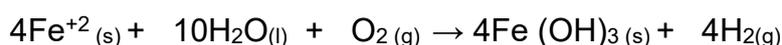
Primer mecanismo: Formación del hidróxido férrico. En el ánodo ocurren las siguientes reacciones.



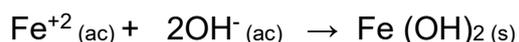
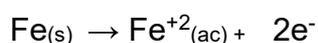
En el cátodo ocurre la reacción:



Reacción global:



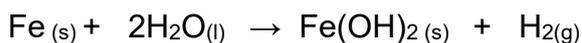
Segundo mecanismo: Formación del hidróxido ferroso. En el ánodo se dan las reacciones:



En el cátodo ocurre la reacción:



Reacción global:



Para una correcta operación en el proceso de la electrocoagulación, existen varios factores que intervienen, indicamos los parámetros operativos como pH, conductividad de solución, distancia existente entre las varillas metálicas (electrodos), densidad de corriente, tiempo en operación (Restrepo et al. 2006).

El parámetro corriente eléctrica por unidad de superficie (densidad de corriente) es muy importante dentro del sistema de la electrocoagulación entre sus funciones este da resultado a la cantidad de dosificación del coagulante, producción de burbujas, tamaño y crecimiento de los flóculos (Bazrafshán et al., 2015, p.1-16). Al suministrar corriente eléctrica inicia con el traslado de partículas de contaminante de menor tamaño dando como resultado el incremento de coagulación (Mollah et al., 2001, p.29-41), también indicamos que cuando se aplica un voltaje mayor a este, la eficiencia del sistema tiende a disminuir, provocando un cambio que existe en el tipo de energía, pasando de tipo eléctrico va a tipo calórica, lo cual hace que los electrodos dejen de liberar iones de hierro y aluminio (Moussa, El-Naas, Nasser y Al-Marri, 2017, p.24-41). Sin embargo, aclaramos que la operación se debe de realizar a una densidad de corriente considerable, formando así mayor cantidad de burbujas y mayor remoción de contaminantes (Elazzouzia, Haboubi y Elyoubi, 2017, p. 614-626).

Se ha establecido que la relación entre parámetro pH y la electrocoagulación, este parámetro interfiere mucho en la afectación de rendimiento del sistema (Piña, Domínguez, González, Prieto, Guevara y García, 2011, p.257-271). El efecto de pH en la corriente es muy significativo especialmente en la eficiencia dentro del proceso de solubilidad del electrodo para la formación de hidróxido (Chen, 2004, p.11-41). La eficiencia de remoción de contaminantes es favorable al operar el aumento o disminución del pH de la solución desde el pH óptimo (Bazrafshán et al., 2015, p.1-16). El pH influye sobre la eficiencia de la corriente en el proceso de solubilidad del metal para formar hidróxido (Chen, 2004, p.11-41). En el transcurso de tiempo de operación de la electrocoagulación, el pH cambia de manera opuesta afectando a las especies coagulantes formadas, y por lo tanto a las eficiencias en remoción de contaminantes (Canizares, Paz, Sáez, 2009, p.410-420), se le atribuye

gran parte de los procesos de adsorción y coagulación a este parámetro debido a sus valores y cómo interactúan con los contaminantes (Hakizimana et al., 2017, p1-21).

El tiempo de operación en la electrocoagulación es otro parámetro significativo en el sistema de tratamiento ya que la formación y las concentraciones de hidróxidos metálicos a través de los materiales de sacrificio ocupan una función fundamental en la remoción de contaminantes y todo esto está sujeto a la cantidad de tiempo en que se mantenga en funcionamiento el reactor. Al aumentar el tiempo de reacción, aumenta la corrosión de los materiales de sacrificio liberando más iones que sirven como coagulantes, un aumento en el tiempo de operación incrementa la eficiencia de la eliminación de contaminantes. El incremento del tiempo en el proceso de electrólisis aumenta las concentraciones de coagulante, reduciendo la densidad del flóculo, posteriormente se reduce la rapidez con la que se precipitan. Esto ocurre principalmente por el aumento en el tiempo de electrólisis, se disuelve una cantidad mayor de iones en el caudal a tratar, lo que ampliará la presencia de flóculos (Zodi, et al., 2009, p.29-36).

El parámetro de distancia entre electrodos o material de sacrificio cumple un papel importante en el sistema de la electrocoagulación, la distancia entre el ánodo y el cátodo dentro del campo electrostático es fundamental. Para una correcta operación de remoción de contaminantes se obtiene manteniendo una distancia óptima entre materiales de sacrificio. Sin embargo, a la mínima alteración en la distancia entre electrodos; el porcentaje de eficiencia se reduce. Esto a causa de que los hidróxidos metálicos formados actúan como flóculos que se degradan por colisión entre sí debido a la atracción electrostática (Aoudj, Khelifa, Drouiche, Belkada y Miroudet, 2015, p.153-162). La eficiencia de remoción de contaminantes se eleva a medida que encontramos la distancia adecuada entre electrodos, esta operación va desde la distancia más mínima hasta encontrar la distancia perfecta entre los electrodos. Al acrecentar aún más la distancia entre electrodos, genera una reducción en el movimiento de los iones disueltos que han sido generados. Si se brinda más tiempo para que el hidróxido de metal formado se aglomera para formar flóculos, por ende, un aumento en la remoción de contaminantes. Al aumentar más la distancia entre electrodos el porcentaje de eficiencia disminuye

debido a que el periodo de transporte de los iones crece con el incremento en la separación entre los electrodos. Esto provoca la disminución en la atracción electrostática, menor formación de flóculos para remover los contaminantes (Bazrafshán et al., 2015, p.1-16).

Otro parámetro importante es la conductividad que tiene la solución, dentro del proceso de electrocoagulación este se relaciona con la eliminación de contaminantes y el costo de operación. Por ello deducimos que, a más conductividad, se suministra menos energía al sistema, sin embargo, este parámetro se puede mejorar suministrando cloruro de sodio o sulfato de sodio lo que incrementa el nivel de conductividad beneficiando el proceso de la electrocoagulación (Khandegar y Saroha, 2013, p.949-963). Existe relación en el incremento de la densidad de corriente y el incrementar la conductividad de la solución cuando están a un voltaje constante o reducción de voltaje a una densidad de corriente constante. Por ende, el consumo de energía es menor cuando la solución es de alta conductividad. (Merzouk, Madani y Sekkiet, 2010, p.573-577).

El tipo de electrodos a utilizar deben ser tener buenas propiedades electroquímicas y una excelente resistencia química, siendo necesario limpiar su superficie periódicamente debido a que el proceso de la electrocoagulación ocasiona la formación de óxidos que disminuyen la eficacia del mismo. Los cátodos también utilizan metales como el acero inoxidable, cobre y los comúnmente usados como el Hierro y aluminio (Chen, 2004, p.19).

El rango de cantidades de electrodos presentes en un reactor de la electrocoagulación determina el alto o bajo porcentaje de iones que van a desestabilizar el agua residual, mas no por lo anterior se suministra mayor número de electrodos, ya que al agregar mayor cantidad de electrodos va a conducir a una menor distancia entre ellos, dando como resultado posibles atascamientos por las deposiciones de compuestos, que van a servir a dificultar el paso de corriente y limitando el espacio de agitación (Jaramillo y Enelio 2012).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

La investigación es de tipo básica, debido a que se compiló información, basada en el estudio de los datos, permitiéndonos de esta forma ejecutar progresivamente las interrogantes (Hernández, Fernández y Baptista 2014). También denominada teórica porque nos facilita la captura de información para formar nuevos conocimientos del tema de estudio planteando bases teóricas para futuros investigadores.

De acuerdo al enfoque, es de tipo cualitativo. se observa que el estudio cualitativo se clasifica como una categoría de investigación que permite recoger información mediante distintos diseños presentes en dicha categoría (Escudero y Cortez, 2018, p.38), uno de estos diseños es la revisión sistemática, la revisión sistemática presenta una sinopsis pulcra y organizada de toda las investigaciones aptas mediante la estandarización de procedimientos, abocados a contestar un problema general; estando constituido por distintas fuentes y artículos de información que ayudan a resolver el problema (Letelier, Manríquez y Rada, 2005, p.246-249). Nuestra investigación es una revisión sistemática ya que cumple lo establecido mencionado con anterioridad, desde la selección de documentos hasta su procesamiento e interpretación.

3.2. Categorías, Subcategorías y matriz de categorización apriorística

Seguidamente, la matriz de categorización se exhibe en el anexo 1.

Dentro de las categorías y subcategorías podemos encontrar los tipos de reactores utilizados por la electrocoagulación para el tratamiento de aguas provenientes de la industria textil, los parámetros que permiten obtener un mayor porcentaje de eliminación y los valores óptimos de estos parámetros.

3.3. Escenario de estudio

El presente trabajo cuenta como escenario de estudio a la diversa información de base de datos expresados en artículos, tesis, libros y trabajos de investigación de revistas.

3.4. Participantes

Los integrantes en esta investigación se encuentran formados por artículos, tesis, libros y trabajos de investigación de revistas indexadas, los cuales fueron extraídos de bancos de datos como lo son: Ebsco, ScienceDirect, Scopus y Google Académico.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La Técnica utilizada en este trabajo de investigación fue el análisis documental, el cual consiste en la búsqueda y recabación de información, análisis, crítica y posteriormente explicación de los datos obtenidos, es decir, los realizados y documentados por otros investigadores en fuentes y bases de datos indexadas. (Arias, 2012, p.105).

El instrumento usado en el presente trabajo de investigación fue la ficha de recolección de datos, la cual se muestra en el anexo 2, en ella detallamos los puntos importantes en nuestra investigación: Modelo de reactor , tipo de efluente usado, tipo de la investigación, material del que están hechos los electrodos, número de electrodos utilizados, dimensiones de los electrodos en cm, distancia entre electrodos, tiempo del tratamiento, tipo de fuente de alimentación eléctrica y su valor, densidad de corriente, si se usaron o no electrolitos para aumentar la eficiencia del tratamiento, pH, tipo de contaminante, porcentaje de remoción de contaminantes con su concentración inicial y final.

3.6. Procedimientos

Para la ejecución del presente trabajo, se realizó una búsqueda de artículos científicos en bases de datos indexadas debido a la posibilidad de acceso a estas a través de la biblioteca virtual de la universidad. Para iniciar el proceso de búsqueda, se emplearon distintos criterios de exclusión e inclusión, utilizando criterios de inclusión encontramos el Idioma, donde se consideró el español para trabajos nacionales y el inglés para trabajos internacionales, además de ello se utilizaron palabras clave para la búsqueda en título, resumen y resultados que serán conectadas por conectores booleanos, se delimitó la búsqueda de archivos con una antigüedad no mayor de 10 años, siendo el periodo establecido año 2012 a 2022, la distribución de palabras clave y buscadores utilizados se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 3. *Buscadores fuentes indexadas, palabras clave e indicadores booleanos utilizados*

| BUSCADOR | PALABRAS CLAVE |
|------------------|---|
| EBSCO | Electrocoagulation AND Industry AND Textile AND Wastewater |
| SCIENCEDIRECT | Electrocoagulation AND Industry AND Textile AND Wastewater |
| SCOPUS | Electrocoagulation AND Industry AND Textile AND Wastewater |
| Google Académico | Electrocoagulación, Industria Textil, Tratamiento de aguas residuales |

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente se procedió a filtrar la información por criterios de exclusión por duplicidad, por diferir del tema, por títulos y resúmenes no relevantes y exclusión por no ser de libre acceso, obteniendo así 17 documentos como se muestra en el diagrama de prisma en la figura 5.

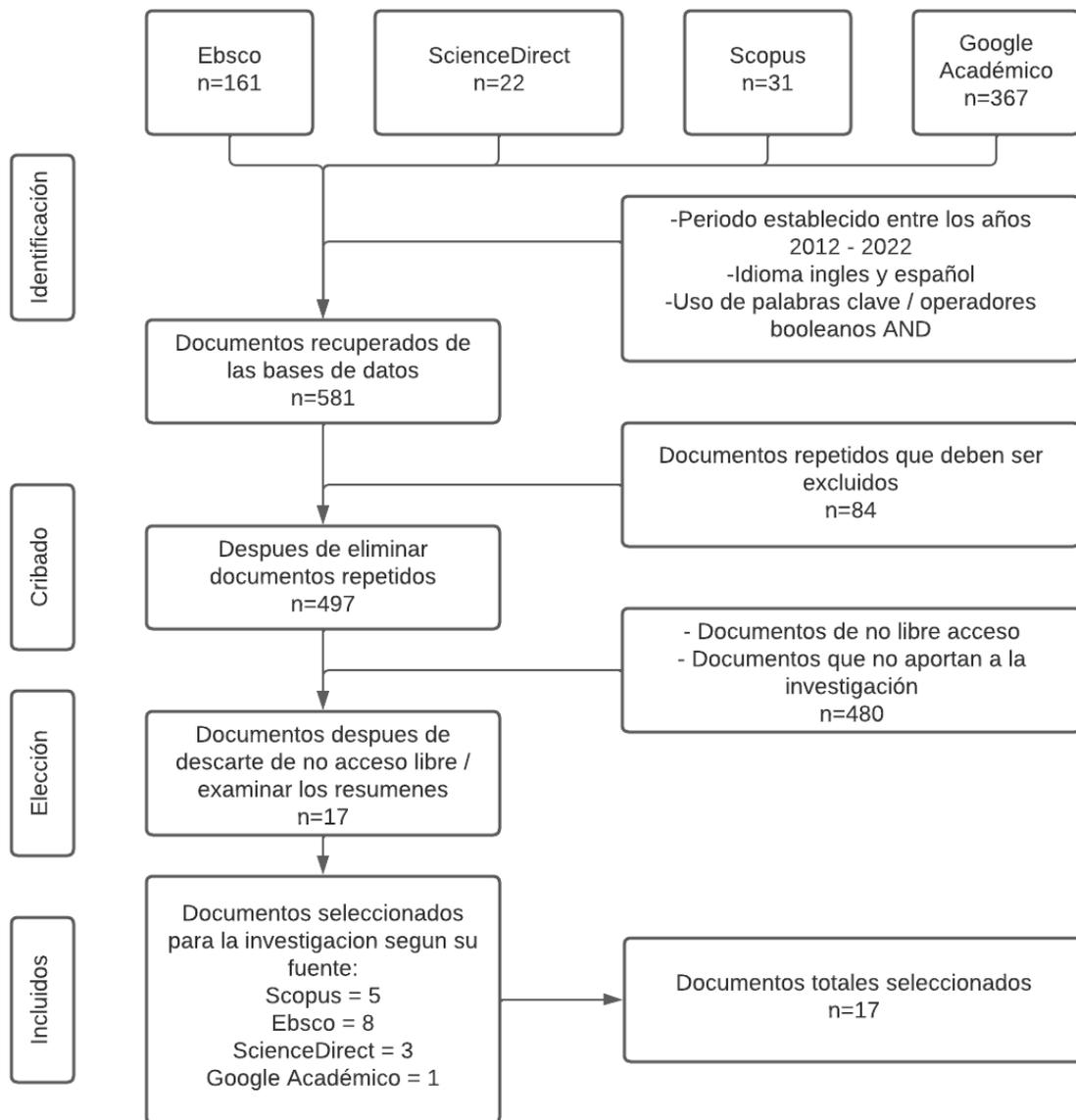


Figura 5. Flujograma de los artículos seleccionados para la revisión sistemática según PRISMA

Fuente: Elaboración propia

3.7. Rigor científico

Sobre la revisión sistemática, podemos encontrar que existen muchos investigadores que han trabajado amplia y correctamente esta metodología, las revisiones sistemáticas son utilizadas principalmente en el campo de la medicina y que posteriormente en años más recientes se han empezado a utilizar en los demás campos existentes, entre ellos la ingeniería, por lo cual es correcto suponer que la presente investigación tiene rigor científico ya que se encuentra firmemente apoyada por los distintos trabajos de investigación e investigadores realizados con este método hasta la actualidad.

De acuerdo con Castillo y Vásquez (2003, p.164-167), se describen los criterios empleados para el estudio en cuestión:

Auditabilidad: el criterio de auditabilidad posibilita que los futuros investigadores puedan continuar con nuestra investigación, se aplica en la información de la metodología y como se realizó nuestro estudio, para que los futuros investigadores puedan aplicarlo a diferente contexto y situación.

Credibilidad: es la valoración de situaciones de nuestra investigación la cual se reconoce como creíble, por ello se realiza argumentos fiables que se demuestran en los resultados del estudio en concordancia con el proceso de investigación. Como por ejemplo la valoración de juicio de expertos sobre nuestro instrumento de investigación utilizado. En el presente trabajo se aplicó este criterio recaudando la información sin interponer juicios críticos sino plasmándolos en su originalidad.

Transferibilidad: Este criterio permite que el futuro lector pueda transferir un estudio a otro contexto, brindando la mayor información del escenario de estudio y hechos suscitados para que no queden dudas de la información brindada. En nuestro estudio se cumplió con dicho criterio al dejar las referencias bibliográficas de cada autor de quien se utilizó la información, así como el link o doi que permite llegar con mayor facilidad hacia el estudio original.

3.8. Método de análisis de la Información

Se ejecutará estructurando la información obtenida de forma sistematizada en función a la observación de los objetivos (Ferreyro y Longhi 2014); mediante el uso de categorías, lo que posibilitará observar un plano general del estudio a realizar, permitiéndoles expresar los datos de forma simple y congruente.

3.9. Aspectos éticos

El trabajo de investigación lleva por título Aplicación de la Electrocoagulación en el tratamiento de aguas residuales provenientes de la industria textil, una Revisión Sistemática de los últimos 10 años, y se realizó con información auténtica y perteneciente a bases de datos indexadas.

Nuestra investigación cuenta con los siguientes criterios:

Respeto a la autoría: para lo cual se realizaron las debidas citas y se dejaron las informaciones suficientes de los autores en la referencia bibliográfica al estilo ISO 690, en el cual queda testimonio que la información presentada es verídica.

Uso de la Guía de Productos Observables: el cual se siguió con lo prescrito por la guía de productos observables de la Universidad César Vallejo, durante la elaboración del presente trabajo.

Prueba de autenticidad: se procesó nuestra investigación por el programa Turnitin, el cual permitió generar la confiabilidad que el documento es de elaboración propia y no hay indicios de plagio.

Conforme a lo indicado por la Universidad César Vallejo en la Resolución de Consejo Universitario N°0126-2017/UCV la presente investigación se ejecutó bajo los principios éticos de beneficencia (querer el bien común), no maleficencia (ninguno de los participantes en esta investigación debe ser dañado o damnificado), justicia (los beneficios si es que hubiera serán racionados de manera igual entre todos los participantes) y honestidad.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

En este capítulo indicamos los resultados que se obtuvieron al recolectar datos de la literatura científica a través de una revisión sistemática de bases de datos indexadas, estos datos mostrados permiten a otros investigadores tomar mejores decisiones sobre la aplicación de este método.

Los resultados mostrados a continuación responden a los problemas presentados al inicio de la investigación y permitiendo identificar el tipo de reactor más utilizado y más eficiente para la aplicación de la electrocoagulación en aguas residuales provenientes de la industria textil destacando principalmente el uso del de tipo batch, asimismo los parámetros que más influencia tienen en el proceso de la electrocoagulación y cuáles son los valores óptimos de estos que permitan el mayor porcentaje de remoción, a continuación los resultados en las siguientes tablas:

Tabla 4. *Tipos de reactores más utilizados para el tratamiento de aguas residuales de la industria textil aplicando la electrocoagulación*

| Tipos de reactores | Autores |
|---------------------------|--|
| Batch | (Rezagama et al. (2021) Aqeel a et al. (2020) Fikri et al. (2019) Bermeo y Tinoco (2016) Núñez et al. (2019) Rekha y Usha (2016) Rusdianasari et al. (2019) Rusdianasari et al. (2020) Gheraout et al. (2014) Kalpataru et al. (2019) |

| | |
|-----------------|--|
| | <p>Naje et al. (2016)</p> <p>Rahmanpour et al. (2015)</p> <p>Mountassir y Benyaich (2014)</p> <p>Asfaha et al. (2022)</p> <p>Srikantha et al. (2020)</p> |
| Continuo | Sutanto et al. (2021) y Choque (2019). |

Fuente: Elaboración propia

Como podemos ver en la tabla 4 los tipos de reactores más utilizado en el tratamiento de aguas residuales provenientes de la industria textil es el tipo batch con 15 revisiones utilizadas, el principal motivo de su utilización es que este tipo de reactor trabaja con un volumen fijo de agua , sus costos de funcionamiento son bajos pero tiene como desventaja es que el óxido formado en el ánodo en muchas ocasiones puede formar una capa que obstruye el flujo de la corriente eléctrica, mermando la eficiencia del proceso, y luego encontramos a los reactores de tipo continuo con 2 revisiones utilizadas, este tipo de reactor se caracteriza por utilizar volúmenes continuos de agua y se subdividen según el tipo de método en el cual se encuentran los contaminantes, sedimentación o flotación siendo la sedimentación el más frecuente, ambos procesos están condicionados por la densidad de corriente que empleamos en el reactor , mientras utilizamos una densidad baja de corriente se producen baja cantidad de burbujas, desencadenando un bajo flux de momentum hacia la superficie por lo cual los flóculos se sedimentan, mientras que cuando se aumenta la corriente, la presencia de burbujas crece produciendo así un flujo alto de momento hacia arriba , facilitando así el proceso de flotación de los contaminantes. (Sutanto et al. 2021 y Choque 2019).

Por la gran diferencia existente en función al uso de ambos reactores, podemos concluir que el de tipo batch es el más eficiente en la remoción de contaminantes encontrados en las aguas residuales provenientes de la industria textil aplicando la electrocoagulación como tratamiento, debido a que es el método estándar más utilizado por su simpleza y economicidad, existiendo variantes del mismo como el de ánodos rotatorios de (Naje et al., 2016, p.34-44) que permiten obtener un mayor porcentaje de remoción de contaminantes y con un menor consumo de energía debido al tiempo de operación para obtener el nivel más alto de remoción de contaminantes.

Tabla 5. *Parámetros de mayor influencia que permiten obtener un mayor porcentaje de remoción de contaminantes de aguas residuales de la industria textil aplicando la electrocoagulación*

| Parámetros de mayor influencia | Contaminantes evaluados | Autores |
|---|--------------------------------|------------------------|
| Densidad de corriente y tipo de electrodo | Cromo IV, color y DQO | Rezagama et al. (2021) |
| pH, tiempo de operación, distancia entre electrodos y densidad de corriente | Colorante Big Green | Aqeel et al. (2020) |
| Cantidad de electrodos, voltaje, densidad de corriente y tiempo de operación | DQO | Fikri et al. (2019) |
| pH, densidad de corriente y tiempo de operación | DQO y color | Bermeo y Tinoco (2016) |

| | | |
|---|--|----------------------------|
| Densidad de corriente, pH y tiempo de operación | Color, turbidez y DQO | Núñez et al. (2019) |
| pH y tiempo de operación | DQO y color | Rekha y Usha (2016) |
| Densidad de corriente y TRH | DQO, Sólidos suspendidos totales y color | Sutanto et al. (2021) |
| Densidad de corriente | Sólidos suspendidos totales, DBO5, DQO, color y fenol | Rusdianasari et al. (2019) |
| Tiempo de operación, distancia entre electrodos y voltaje | Turbidez, Sólidos disueltos totales, sólidos suspendidos totales, color y cromo metálico | Rusdianasari et al. (2020) |
| Tiempo de operación, densidad de corriente, pH y tipo de electrodo | Colorante disperse yellow 3 | Ghernaout et al. (2014) |
| pH | Color, DQO y turbidez | Kalpataru et al. (2019) |
| Densidad de corriente, TRH, distancia entre electrodos y pH | Sólidos suspendidos totales, DQO, DBO5, turbidez, aceites y grasas y SS | Choque (2019) |
| Densidad de corriente, tiempo de operación y | Color, sólidos suspendidos totales, DQO, DBO, turbidez, | Naje et al. (2016) |

| | | |
|--|--|------------------------------|
| distancia entre electrodos | color y fenoles en el agua. | |
| Tiempo de operación, pH, distancia entre electrodos y densidad de corriente | Color | Rahmanpour et al. (2015) |
| pH, densidad de corriente y tiempo de operación | Color y DQO | Mountassir y Benyaich (2014) |
| Densidad de corriente, tiempo de operación, pH y tiempo de operación | Colorante reactivo Vivizol Red 3BS, carbono orgánico total y DQO | Asfaha et al. (2022) |
| Tipo de electrodo, voltaje, densidad de corriente y tiempo de operación | Color, DBO, sólidos totales disueltos, cloruro nitrato y fosfato | Srikantha et al. (2020) |

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la tabla 5 los 17 artículos cuentan con los parámetros de mayor influencia seleccionados en base a los resultados obtenidos en sus respectivas investigaciones sobre la aplicación de la electrocoagulación para el tratamiento de aguas residuales de la industria textil obteniendo altos porcentajes en la remoción de contaminantes, los cuales son: el pH, distancia entre electrodos, densidad de corriente eléctrica, tiempo de operación (reactor tipo batch), voltaje, número de electrodo y tipo de electrodo, variando su influencia en cada investigación de acuerdo a la variedad de contaminantes presentes en cada muestra tratada.

Tabla 6. Valores óptimos de los parámetros de mayor influencia en la aplicación de la electrocoagulación en aguas residuales de la industria textil que permiten obtener un mayor porcentaje en la remoción de contaminantes

| Parámetros frecuentemente evaluados | Valores óptimos | Autores |
|-------------------------------------|-----------------|---|
| pH | 5.5 - 10 | Fikri et al. (2019); Aqeel et al. (2020); Núñez et al (2019); Rekha y Usha (2016); Bermeo y Tinoco (2016); Kalpataru et al. (2019); Choque (2019); Srikantha et al. (2020) y Rahmanpour et al. (2015) |
| Distancia entre electrodos | 1 - 2 cm | Núñez et al. (2019); Rekha y Usha (2016); Sutanto et al. (2021); Rusdianasari et al. (2019); Rusdianasari et al. (2020); Ghernaout et al. (2014); Kalpataru et al. (2019); Choque (2019); Naje et al. (2016); Srikantha et al. (2020); Mountassir; Benyaich (2014) y Rahmanpour et al. (2015) |

| | | |
|------------------------------|---------------------------|--|
| Densidad de corriente | 25 - 350 A/m ² | Bermeo y Tinoco (2016); Rusdianasari et al. (2019); Ghernaout et al. (2014); Choque (2019); Srikantha et al. (2020) y Mountassir, Benyaich (2014). |
| Tiempo de operación | 5-25 min | Rezagama et al. (2021); Bermeo y Tinoco (2016); Núñez et al. (2019); Rekha y Murthy Usha (2016); Kalpataru et al. (2019); Naje et al. (2016); Asfaha et al. (2022); Mountassir y Benyaich (2014) y Rahmanpour et al. (2015). |
| | 30-120 min | Aqeel et al. (2020); Fikri et al. (2019); Sutanto et al. (2021); Rusdianasari et al. (2019); Rusdianasari et al. (2020); Ghernaout et al. (2014); Choque (2019) y Srikantha et al. (2020) |
| Voltaje | 9 - 20 V | Fikri et al. (2019); Bermeo y Tinoco (2016); Rekha y Usha |

| | | |
|-----------------------------|------------------|--|
| | | (2016); Sutanto et al (2021); Rusdianasari et al. (2019); Rusdianasari et al (2020); Ghernaout et al. (2014); Choque (2019); Srikantha et al (2020) y Asfaha et al. (2022) |
| Número de electrodos | 2 - 8 electrodos | Rezagama et al. (2021); Aqeel et al. (2020); Fikri et al. (2019); Bermeo y Tinoco (2016); Rusdianasari et al. (2019); Rusdianasari et al. (2020); Ghernaout et al. (2014); Kalpataru et al. (2019) y Asfaha et al. (2022) |
| Tipo de electrodos | Al y Fe | Rezagama et al. (2021); Aqeel et al. (2020); Fikri et al. (2019); Bermeo y Tinoco (2016); Núñez et al. (2019); Rekha y Usha (2016); Rusdianasari et al. (2019); Rusdianasari et al. (2020); Ghernaout et al. (2014); Kalpataru |

| | | |
|--|--|--|
| | | et al. (2019); Choque (2019); Naje et al. (2016); Asfaha et al. (2022) y Rahmanpour et al. (2015). |
|--|--|--|

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 6 nos muestra que los parámetros que son frecuentemente evaluados en el proceso de la electrocoagulación para tratamiento de aguas residuales de la industria textil que nos permiten obtener un mayor porcentaje en la remoción de contaminantes son el pH, distancia entre electrodos, densidad de corriente eléctrica, tiempo de operación, voltaje, número de electrodos y tipo de electrodos. También se puede visualizar que los valores óptimos de parámetros describen que en el rango de pH 5.5 - 10 resulta ser más beneficioso para una mayor remoción de contaminantes según análisis (Fikri et al. 2019; Aqeel et al. 2020; Núñez et al., 2019, p.705-711 y Rekha y Usha, 2016, p.87). ya que durante el proceso a un pH óptimo se forman precipitados de $Fe(OH)_2$ y $Fe(OH)_3$ permaneciendo en la solución y su suspensión gelatinosa elimina los colorantes por complejización y atracción electrostática seguida de coagulación (Rekha y Usha, 2016, p.87). Sin embargo, resulta una eliminación deficiente a pH bajo (<4) por acción de Fe_3 soluble y $Fe(OH)_3$ floculo que tiene alta propiedad de adsorción, por lo tanto, la unión del floculo al contaminante se produce mal, mientras que a pH alto (>9) $Fe(OH)_3$ se solubiliza como $Fe(OH)_4$ resultando menor remoción de contaminantes provocando disolución de los floculos formados (Mountassir y Benyaich, 2014, p.8-17).

Para el parámetro de espacio entre los electrodos, una mayor cantidad de estudios indicaron que el espacio entre electrodos del rango 1 - 2 cm resulta en un mayor porcentaje de remoción de contaminantes, según análisis (Rekha y Usha, 2016, p.87; Sutanto et al. 2021; Rusdianasari et al., 2019, p.47-53; Rusdianasari et al., 2020, p.71-77; Ghernaout et al., 2014, p.271-283; Choque 2019 y Naje et al., 2016, p.34-44), al tener menor distancia entre los electrodos se desencadena una mayor generación de iones de hierro e hidróxidos favoreciendo el proceso de coagulación; también una mejor resistencia entre electrodos obteniendo mayor formación de floculos, se reduce el uso de energía y voltaje, resultando una mejora para la

eficiencia del proceso. Sin embargo, al aumentar la distancia entre electrodos, aumenta la resistencia entre ellos, lo que resulta en un aumento de uso de energía, reducción de la conductividad. Esta reducción evita la generación suficiente de iones de hierro e hidróxido que son necesarios para crear flóculos, disminuyendo el porcentaje de contaminantes eliminados (Rahmanpour et al., 2015, p.403-411).

Para el parámetro densidad de corriente eléctrica, las investigaciones indican que el rango de valores en densidad de corrientes eléctricas entre 25 - 350 A/m² resulta un mayor porcentaje de remoción (Núñez et al., 2019, p.705-711; Rusdianasari et al., 2019, p.47-53 y Choque 2019), un cambio en la densidad de corriente permite elevar la eficiencia en la eliminación de contaminantes (Núñez et al., 2019, p.705-711), cuando aumenta la densidad de corriente, la tasa de formación de hidróxidos de hierro y aluminio alcanza un aumento significativo en los flóculos formados, lo que resulta en el acrecentamiento de precipitados para la remoción de contaminantes, también se eleva el nivel de producción de burbujas de hidrógeno y su tamaño disminuye cuando la densidad de corriente aumenta. Todos estos efectos son beneficiosos para aumentar el porcentaje de contaminantes removidos (Mountassir y Benyaich, 2014, p.8-17). Sin embargo, si elevamos excesivamente la densidad de corriente, se incrementa el consumo de energía, disminuyendo la eficiencia de remoción, aumentando el lodo generado y el consumo de ánodos (Rekha y Usha, 2016, p.87).

Para el parámetro de tiempo de operación, las investigaciones indican que a un rango de tiempo de 5 - 25 min resulta en un mayor porcentaje de remoción de contaminantes (Bermeo y Tinoco, 2016, p.125-128; Núñez et al., 2019, p.705-711, Rekha y Usha, 2016, p.87; Kalpataru et al., 2019, p.402-407; Naje et al., 2016, p.34-44; Aqeel et al. 2020; Fikri et al. 2019; Sutanto et al. 2021; Ghernaout et al. 2014; Choque 2019), al aumentarse el tiempo de operación nos conduce a un mayor consumo de energía y electrodos (Kalpataru et al., 2019, p.402-407) por ello el tiempo de operación es un parámetro importante que determina el costo operativo final del proceso (Mountassir y Benyaich, 2014, p.8-17), un aumento en el rango de tiempo mejora la tasa de eliminación de contaminantes, el tiempo del electrólisis del proceso electrocoagulación influye en la eficiencia del tratamiento, ya que

determina la tasa de producción de iones Fe a partir de electrodos de Fe (Rahmanpour et al., 2015, p.403-411).

Para el parámetro voltaje, las investigaciones nos indican que a voltajes de 9 - 20 voltios desemboca en un mayor porcentaje de remoción de contaminantes (Fikri et al. 2019; Rusdianasari et al., 2019, p.47-53; Rusdianasari et al., 2020, p.71-77 y Ghernaout et al., 2014, p.271-283), al incrementar el parámetro voltaje se producen más iones de hierro o aluminio formando hidróxidos, favoreciendo el proceso de coagulación y remoción de contaminantes. Sin embargo, al suministrar un sobre exceso de voltaje provoca el aumento de consumo de energía y costo de operación desfavoreciendo la eficiencia del proceso de la electrocoagulación (Sutanto et al. 2021).

Para el parámetro número de electrodos, las investigaciones nos indican que a 2 - 8 electrodos obtenemos como resultado la mayor remoción de contaminantes (Rezagama et al. 2021; Aqeel et al. 2020), al aumentar la cantidad de placas de electrodos aumenta el área superficial del electrodo así reduciendo obstáculos en el proceso y aumentando la eficiencia del tratamiento (Fikri et al. 2019). Sin embargo, si elevamos el uso de más electrodos dentro de la celda significa que también se elevará el número de electrodos de sacrificio que serán desechados en el proceso, elevando el coste de operación.

Para el parámetro tipo de electrodos, las investigaciones nos indican que los tipos en calidad de Al y Fe son los más utilizados resaltando positivamente en la mayor remoción de contaminantes (Bermeo y Tinoco, 2016, p.125-128; Núñez et al., 2019, p.705-711; Rekha y Usha, 2016, p.87), la utilización de electrodos de Al tiende a ser minimizada en comparación a los de Fe, debido al costo, sin embargo para la eficiencia de remoción de DQO, turbiedad, fenoles, hidrocarburos y grasas utilizando electrodos de Al y Fe en diferentes tiempos de operación, se encontró que el electrodo de Al remueve más contaminantes fenoles e hidrocarburos, mientras que con electrodo de Fe se remueve más turbiedad y grasas y observando que no hay diferencia para la remoción de la DQO para ambos tipos de electrodos (Ghernaout et al., 2014, p.271-283).

Tabla 7. Estructuración de la aplicación de la electrocoagulación en el tratamiento de aguas residuales provenientes de la industria textil para obtener un mayor porcentaje de remoción de contaminantes

| Tipo de reactor | Parámetros de mayor influencia | Valores óptimos |
|-----------------|--------------------------------|---------------------------|
| Batch | Voltaje | 9 - 20 V |
| | Densidad de corriente | 25 - 350 A/m ² |
| | Distancia entre electrodos | 1 - 2 cm |
| | pH | 5.5 - 10 |
| | Tipo de electrodo | Al y Fe |
| | Número de electrodo | 2 - 8 electrodos |
| | Tiempo de operación | 5-25 min |

Fuente: Elaboración propia

Finalmente se estructuró la aplicación de la electrocoagulación para tratar efluentes residuales provenientes de los distintos procesos textiles, siendo el reactor tipo batch el recomendado para su aplicación según la cantidad de 15 de los investigadores, así mismo los parámetros de mayor influencia y valores establecidos que permiten obtener un mayor porcentaje de remoción de contaminantes fue el siguiente : voltaje 9 - 20 V, la densidad de corriente 25 - 350 A/m², la distancia entre electrodos 1 - 2 cm, el pH de entre 5.5 - 10, los tipo de electrodo Al y Fe, el número de electrodo de entre 2 a 8 y el tiempo de operación de entre 5 a 25 minutos.

V. CONCLUSIONES

1. El objetivo general de este trabajo de investigación fue aportar nuevo conocimiento para estructurar la aplicación de la electrocoagulación para el tratamiento de aguas residuales provenientes de la industria textil para obtener un mayor porcentaje de remoción de contaminantes a través de una revisión sistemática mediante la síntesis de 17 archivos entregando resultados que permiten seleccionar el tipo de reactor , los parámetros que se evalúan y los valores óptimos de cada parámetro evaluado en la investigación y que nos permite obtener un mayor porcentaje de remoción de contaminantes.
2. Se determinó que los tipos de reactores de la electrocoagulación usados en el proceso de remediación de aguas residuales provenientes de la industria textil son el reactor de tipo batch coincidiendo en uso de 15 revisiones y el de tipo continuo con 2 revisiones. El mayor uso de reactores tipo batch se debe principalmente debido a que dentro de él se depositan cantidades fijas de agua residuales, su implementación no es costosa y son más simples de operar. Por otro lado, en el reactor continuo ingresan cantidades continuas de agua residuales, son de mayor costo ya que al recibir constantemente volúmenes de agua se requieren más celdas de electrocoagulación en operación.
3. Se identificó que los parámetros de mayor influencia que permiten un mayor porcentaje de remoción de contaminantes en el tratamiento de aguas residuales provenientes de la industria textil aplicando la electrocoagulación son la distancia entre electrodos, el pH, densidad de corriente eléctrica, tiempo de operación (reactor tipo batch), voltaje, número de electrodos y tipo de electrodo utilizado.
4. Se determinó que los valores óptimos de los parámetros evaluados que permiten alcanzar un mayor porcentaje de remoción de contaminantes en aguas residuales de la industria textil utilizando la electrocoagulación son a pH

5.5 - 10, voltaje entre 9 - 20 voltios, distancia entre electrodos entre 1 - 2 cm, densidad de corriente eléctrica entre 25 - 350 A/m², tiempo de operación en 5 - 25 min, tipo de electrodo Aluminio (Al) y Hierro (Fe) y número de electrodos entre 2 - 8; que permiten obtener la mayor remoción de los contaminantes.

VI. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda promover el estudio de nuevas tecnologías que sean compatibles con la electrocoagulación a fin de que sirvan de complemento en la aplicación de la misma para el tratamiento de aguas residuales provenientes de la industria textil.
2. Se recomienda llevar a cabo más investigaciones y análisis acerca del uso de nuevos materiales respecto a su calidad para su función como electrodos en las celdas de electrocoagulación, con la finalidad de determinar su influencia y si es que estos son más eficientes que los de hierro o aluminio para remover contaminantes en el tratamiento de aguas residuales de la industria textil aplicando la electrocoagulación.
3. Se recomienda investigar los aspectos económicos de la aplicación de la electrocoagulación ya que la mayor parte de las investigaciones encontradas se focalizan en el rendimiento de la tecnología.
4. Se recomienda obtener fondos y/o patrocinios económicos que permitan acceder a información de paga, ya que podría ser relevante para la investigación debido a que los documentos de libre acceso son relativamente escasos al investigar de un tema específico, lo que limita la búsqueda de información.

REFERENCIAS

I.N.E.I. Anuario de Estadísticas Ambientales. Instituto Nacional de Estadística e informática (INEI): Lima, Perú, 2021, p.359. Disponible en: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1827/libro.pdf.

AOUDJ, S., et al. Simultaneous removal of chromium (VI) and fluoride by electrocoagulation–electroflotation: application of a hybrid Fe-Al anode. Chemical Engineering Journal, 2015, vol. 267, p. 153-162. Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.cej.2014.12.081>

AQEEL, Khalifah, et al. Electrochemical removal of brilliant green dye from wastewater. En IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. IOP Publishing, 2020. p. 012036. Disponible en:

<https://doi:10.1088/1757-899X/888/1/012036>

ARANGO RUÍZ, Álvaro; GARCÉS GIRALDO, Luís Fernando; RESTREPO MEJÍA, Ana Patricia. La Electrocoagulación: retos y oportunidades en el tratamiento de aguas. 2012. Disponible en:

<http://hdl.handle.net/10567/514>

ARIAS, Fidias G. El proyecto de investigación introducción a la metodología científica. En línea. 6a ed. Caracas: EDITORIAL EPISTEME, 2012, p.105 ISBN 980-07-8529-9. Disponible en:

https://trabajosocialudocpno.files.wordpress.com/2017/07/fidias_g-_arias-_el_proyecto_de_investigacic3a3c2b3n_6ta-_edicic3a3c2b3n1.pdf.

ASFAHA, Yemane G., et al. Investigation of cotton textile industry wastewater treatment with electrocoagulation process: performance, mineralization, and kinetic study. Water Science and Technology, 2022, vol. 85, no 5, p. 1549-1567. Disponible en:

<https://doi.org/10.2166/wst.2022.061>

BAYRAMOGLU, Mahmut, et al. Operating cost analysis of electrocoagulation of textile dye wastewater. *Separation and Purification Technology*, 2004, vol. 37, no 2, p. 117-125. Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.seppur.2003.09.002>

BAZRAFESHAN, Edris, et al. Heavy metals removal from aqueous environments by electrocoagulation process—a systematic review. *Journal of environmental health science and engineering*, 2015, vol. 13, no 1, p. 1-16. Disponible en:

<https://doi.org/10.1186/s40201-015-0233-8>

BERNAL, Carlos A. Metodología de la investigación. Administración, economía, humanidades y ciencias sociales. En línea. 3a ed. Colombia: Pearson Educación, 2010, p 20, ISBN 978-958-699-129-2. Disponible en:

<https://abacoenred.com/wp-content/uploads/2019/02/El-proyecto-de-investigación-F.G.-Arias-2012-pdf.pdf>.

BERMEO, Martha; TINOCO, Óscar. Remoción de colorantes de efluente sintético de industria textil aplicando tecnología avanzada de electrocoagulación. *Revista del Instituto de investigación de la Facultad de minas, metalurgia y ciencias geográficas*, 2016, vol. 19, no 38, p. 125-128. Disponible en:

<http://dx.doi.org/10.15381/idata.v19i2.12844>.

BLANCO, José, et al. Fenton and biological-Fenton coupled processes for textile wastewater treatment and reuse. *Desalination*, 2012, vol. 286, p. 394-399. Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.desal.2011.11.055>

BUSCIO, Valentina. Tratamiento y reutilización de efluentes de la industria textil mediante técnicas de membranas. 2015, p,28. Disponible en:

<http://hdl.handle.net/2117/96008>

CANIZARES, Pablo, et al. Costs of the electrochemical oxidation of wastewaters: a comparison with ozonation and Fenton oxidation processes. *Journal of Environmental Management*, 2009, vol. 90, no 1, p. 410-420. Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2007.10.010>

CASTILLO, Edelmira; VÁSQUEZ, Martha Lucia. El rigor metodológico en la investigación cualitativa. Colombia médica, 2003, vol. 34, no 3, p. 164-167. Disponible en:

<https://www.redalyc.org/pdf/283/28334309.pdf>

CERVANTES-ZEPEDA, A. I., et al. Caracterización fisicoquímica y microbiológica del agua tratada en un reactor UASB escala piloto. Revista mexicana de ingeniería química, 2011, vol. 10, no 1, p. 67-77. Disponible en:

<http://rmiq.org/ojs311/index.php/rmiq/article/view/1632#:~:text=http%3A//rmiq.org/ojs311/index.php/rmiq/article/view/1632>

CHEN, Guohua. Electrochemical technologies in wastewater treatment. Separation and purification Technology, 2004, vol. 38, no 1, p. 11-41. Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.seppur.2003.10.006>

CHOQUE HUISA, Marco Mike. Tratamiento de aguas residuales en la industria textil, por el método de electrocoagulación. 2019. Disponible en:

<http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/10499>

CUICAS, Jesús Rafael Perozo; CUADRA, Rebeca Lisbeth Abreu. Evaluación de la electrocoagulación en el tratamiento de agua potable. Química Viva, 2017, vol. 16, no 1, p. 56-69. Disponible en:

<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=86351157005>

ELAZZOUI, M.; HABOUBI, Kh; ELYOUBI, M. S. Electrocoagulation flocculation as a low-cost process for pollutants removal from urban wastewater. Chemical Engineering Research and Design, 2017, vol. 117, p. 614-626. Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.cherd.2016.11.011>

ESCUADERO, Carlos y Liliana CORTEZ. Técnicas y métodos cualitativos para la investigación científica. En línea. Machala: UTMACH, 2018. ISBN 978-9942-24-092-7. Disponible en:

<http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/12501/1/Tecnicas-y-MetodoscualitativosParaInvestigacionCientifica.pdf>.

FERREYRA, Adriana y Ana LONGHI. Metodología de la investigación II. En línea. Argentina: Editorial Brujas, 2014. ISBN 978-987-192-533-9. Disponible en: <https://pdfcookie.com/documents/metodologia-de-la-investigacion-2-ferreyra-de-longhi-g2wn0ooj0125>.

FIKRI, Elanda; SINTAWATI, Nita; RUHMAWATI, Tati. Economic Valuation and Effectiveness of Utilizing Electrocoagulation System in Reducing Chemical Oxygen Demand of Textile Industry Wastewater. Journal of Ecological Engineering, 2019, vol. 20, no 8. Disponible en:

<https://doi.org/10.12911/22998993/110960>.

FU, Yuzhu; VIRARAGHAVAN, T. Fungal decolorization of dye wastewaters: a review. Bioresource technology, 2001, vol. 79, no 3, p. 251-262. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(01\)00028-1](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(01)00028-1)

GHERNAOUT, Djamel, et al. Influence of operating parameters on electrocoagulation of CI disperse yellow 3. Journal of Electrochemical Science and Engineering, 2014, vol. 4, no 4, p. 271-283. Disponible en:

<https://doi.org/10.5599/jese.2014.0065>

HAKIZIMANA, Jean Nepo, et al. Electrocoagulation process in water treatment: A review of electrocoagulation modeling approaches. Desalination, 2017, vol. 404, p. 1-21. Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.desal.2016.10.011>

HERNANDEZ, Roberto, Carlos FERNANDEZ y Maria BAPTISTA. Metodología de la investigación. En línea. Sergio MENDEZ y Christina MEBDIZA (). 6a ed. Distrito Federal de México: McGraw-Hill Interamericana, 2014. ISBN 978-1-4562-2396-0.

Disponible en:

<https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-Metodología%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf>.

HERNÁNDEZ LEHMANN, Pablo Santiago. Investigación sobre procesos avanzados de tratamiento y depuración de las aguas mediante electrocoagulación. 2011. Tesis Doctoral. Caminos. Disponible en:

<https://oa.upm.es/7755/>

HOLT, Peter K.; BARTON, Geoffrey W.; MITCHELL, Cynthia A. The future for electrocoagulation as a localised water treatment technology. *Chemosphere*, 2005, vol. 59, no 3, p. 355-367. Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2004.10.023>

JARAMILLO TERÁN, Enelio Xavier. Diseño y construcción de un reactor de electrocoagulación para el estudio de tratamiento de agua residual de tintura y acabado textil. 2012. Tesis de Licenciatura. Disponible en:

<http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/2337>

JIN, Xian-Chun, et al. Decolorization of a dye industry effluent by *Aspergillus fumigatus* XC6. *Applied microbiology and biotechnology*, 2007, vol. 74, no 1, p. 239-243. Disponible en:

<https://doi.org/10.1007/s00253-006-0658-1>

KHANDEGAR, Vinita; SAROHA, Anil K. Electrocoagulation for the treatment of textile industry effluent—a review. *Journal of environmental management*, 2013, vol. 128, p. 949-963. Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.06.043>

KOBYA, Mehmet; GENGEÇ, ERHAN; DEMIRBAS, Erhan. Operating parameters and costs assessments of a real dyehouse wastewater effluent treated by a continuous electrocoagulation process. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 2016, vol. 101, p. 87-100. Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.cep.2015.11.012>

LEE, Sin Yin; GAGNON, Graham A. Review of the factors relevant to the design and operation of an electrocoagulation system for wastewater treatment. *Environmental reviews*, 2014, vol. 22, no 4, p. 421-429. Disponible en:

<https://doi.org/10.1139/er-2014-0009>

LETELIER S, Luz María, Juan J. MANRÍQUEZ M y Gabriel RADA G. Revisiones sistemáticas y metaanálisis: ¿son la mejor evidencia? En línea. Revista médica de Chile, vol. 133 (febrero de 2005), n.º 2. ISSN 0034-9887. Disponible en:

<https://doi.org/10.4067/s0034-98872005000200015>.

MARTÍN-GONZÁLEZ, M. A., et al. Preparation of activated carbons from banana leaves by chemical activation with phosphoric acid. Adsorption of methylene blue. Revista mexicana de ingeniería química, 2013, vol. 12, no 3, p. 595-608. Disponible en:

<http://www.rmiq.org/ojs311/index.php/rmiq/article/view/1557#:~:text=http%3A//www.rmiq.org/ojs311/index.php/rmiq/article/view/1557>

MERZOUK, Belkacem; MADANI, Khodir; SEKKI, Abdelkrim. Using electrocoagulation–electroflotation technology to treat synthetic solution and textile wastewater, two case studies. Desalination, 2010, vol. 250, no 2, p. 573-577. Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.desal.2009.09.026>

MOLLAH, M. Yousuf A., et al. Electrocoagulation (EC)—science and applications. Journal of hazardous materials, 2001, vol. 84, no 1, p. 29-41. Disponible en:

[https://doi.org/10.1016/S0304-3894\(01\)00176-5](https://doi.org/10.1016/S0304-3894(01)00176-5)

MORALES POSADA, Nelly Bibiana; ACOSTA NIÑO, GemaEunice. Sistema de electrocoagulación como tratamiento de aguas residuales galvánicas. Ciencia e ingeniería Neogranadina, 2010, vol. 20, no 1, p. 33-44. Disponible en:

<http://ref.scielo.org/6z5h87>

MOUNTASSIR, Youssef; BENYAICH, Abdelaziz. Detoxification and decolorization of Moroccan textile wastewater by electrocoagulation: energetic and toxicological evaluation. Chem. Process Eng. Res., 2014, vol. 21, p. 8-17. Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/262098695_Detoxification_and_decolorization_of_Moroccan_textile_wastewater_by_electrocoagulation_Energetic_and_toxicological_evaluation

MOUSSA, Dina T., et al. A comprehensive review of electrocoagulation for water treatment: Potentials and challenges. *Journal of environmental management*, 2017, vol. 186, p. 24-41. Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.10.032>

NAJE, Ahmed Samir, et al. Electrocoagulation using a rotated anode: A novel reactor design for textile wastewater treatment. *Journal of environmental management*, 2016, vol. 176, p. 34-44. Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.03.034>

NIJMAN, Shari. La Alianza de la ONU para la Moda Sostenible abordará el impacto de la "moda rápida". En línea. UN Environment. 14/03/2019. Disponible en:

<https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/comunicado-de-prensa/la-alianza-de-la-onu-para-la-moda-sostenible-abordara-el>.

NÚÑEZ, J., et al. Application of electrocoagulation for the efficient pollutants removal to reuse the treated wastewater in the dyeing process of the textile industry. *Journal of hazardous materials*, 2019, vol. 371, p. 705-711. Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.03.030>

OROZCO, Arturo. Industria textil de Colombia: consideraciones básicas. *Plantación estratégica de Coltejer*, 1995. Disponible en:

<https://hdl.handle.net/11059/4893>

PAUL, Kalpataru; ASHIK-UN-NOOR, Shaikh; JALIL, M. A. Treatment and Operating Cost Analysis of Textile Wastewater by Electro-coagulation Using Mild Steel Electrodes. *International Journal of Bio-resource and Stress Management*, 2019, vol. 10, no 4, p. 402-407. Disponible en:

<https://doi.org/10.23910/IJBSM/2019.10.4.2017a>

PIÑA-SOBERANIS, Martín, et al. Revisión de variables de diseño y condiciones de operación en la electrocoagulación. *Revista mexicana de ingeniería química*, 2011, vol. 10, no 2, p. 257-271. Disponible en:

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1665-27382011000200010&script=sci_arttext

PRETORIUS, R., et al. Prediction of phase formation sequence and phase stability in binary metal-aluminum thin-film systems using the effective heat of formation rule. *Journal of applied physics*, 1991, vol. 70, no 7, p. 3636-3646. Disponible en:

<https://doi.org/10.1063/1.349211>

REKHA, H. B.; MURTHY, Usha N. Decolorization of reactive dye solutions by electrocoagulation using iron electrodes. *Nature Environment and Pollution Technology*, 2016, vol. 15, no 1, p. 87. Disponible en:

[https://www.proquest.com/pubidlinkhandler/sng/pubtitle/Nature+Environment+and+Pollution+Technology/\\$N/1606374/OpenView/1775212559/\\$B/6201DBE7FC624AD9PQ/1;jsessionid=377EF88DC7C351EE09A6C2567B4556EA.i-08cd8842059617f25](https://www.proquest.com/pubidlinkhandler/sng/pubtitle/Nature+Environment+and+Pollution+Technology/$N/1606374/OpenView/1775212559/$B/6201DBE7FC624AD9PQ/1;jsessionid=377EF88DC7C351EE09A6C2567B4556EA.i-08cd8842059617f25).

REZAGAMA, A., et al. Treatment of textile industry wastewater by electrocoagulation technology. En *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. IOP Publishing, 2021. p. 012078. Disponible en:

<https://doi.org/10.12911/22998993/110960>.

ROBINSON, Tim, et al. Remediation of dyes in textile effluent: a critical review on current treatment technologies with a proposed alternative. *Bioresource technology*, 2001, vol. 77, no 3, p. 247-255. Disponible en:

[https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(00\)00080-8](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(00)00080-8)

RUSDIANASARI, Rusdianasari; HAJAR, Ibnu; ARIYANTI, Indri. Songket Industry Wastewater Processing Using Electrocoagulation Method. *Journal of Engineering Design and Technology*, 2019, vol. 19, no 1, p. 47-53. Disponible en:

<http://ojs.pnb.ac.id/index.php/LOGIC>.

RUSDIANASARI, Rusdianasari; HAJAR, Ibnu; ARIYANTI, Indri. Electrocoagulation Method to Reduce Pollutants in the Wastewater of Jumputan Fabric Industry. *IJFAC (Indonesian Journal of Fundamental and Applied Chemistry)*, 2020, vol. 5, no 3, p. 71-77. Disponible en:

<http://ijfac.unsri.ac.id/index.php/ijfac/article/view/191/106>

SALMANI, Elham Rahmanpour, et al. Removal of reactive red 141 dye from synthetic wastewater by electrocoagulation process: investigation of operational parameters. Iranian Journal of Health, Safety and Environment, 2016, vol. 3, no 1, p. 403-411. Disponible en:

https://www.academia.edu/36423972/Removal_of_Reactive_Red_141_Dye_from_Synthetic_Wastewater_by_Electrocoagulation_Process_Investigation_of_Operational_Parameters?bulkDownload=thisPaper-topRelated-sameAuthor-citingThis-citedByThis-secondOrderCitations&from=cover_page

SAVIN, Irina-Isabella; BUTNARU, Romen. Wastewater characteristics in textile finishing mills. Environmental Engineering & Management Journal (EEMJ), 2008, vol. 7, no 6. Disponible en:

https://www.academia.edu/1341872/An_integrated_assessment_of_the_suitability_of_domestic_solar_still_as_a_viable_safe_water_technology_for_India?from=cover_page

SRIKANTHA, Hanumanthappa; SHIVASWAMY, Mahesh; MAHESH, Sahana. Batch electrochemical coagulation of real textile wastewater using Cu-SS and SS-Cu electrode combinations and its settleability aspects. Water Science and Technology, 2020, vol. 82, no 7, p. 1467-1483. Disponible en:

<https://doi.org/10.2166/wst.2020.426>

SOLÍS, Myrna, et al. Microbial decolouration of azo dyes: a review. Process Biochemistry, 2012, vol. 47, no 12, p. 1723-1748. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2012.08.014>

THAKUR, Sandeep; CHAUHAN, M. S. Removal of malachite green dye from aqueous solution by Fenton oxidation. Int Res J Eng Technol, 2016, vol. 3, p. 254-259. Disponible en:

https://www.academia.edu/34667637/Removal_of_Malachite_Green_Dye_from_aqueous_solution_by_Fenton_Oxidation?bulkDownload=thisPaper-topRelated-sameAuthor-citingThis-citedByThis-secondOrderCitations&from=cover_page

VERGARA-SÁNCHEZ, J., et al. Degradation of reactive red 120 azo dye in aqueous solutions using homogeneous/heterogeneous iron systems. *Revista mexicana de ingeniería química*, 2012, vol. 11, no 1, p. 121-131. Disponible en:

<http://www.rmiq.org/ojs311/index.php/rmiq/article/view/1527>

VILLEMANN, Cyril. El costo ambiental de estar a la moda. En línea. Noticias ONU. 12/04/2019. Disponible en:

<https://news.un.org/es/story/2019/04/1454161>.

WARNASIH, S., et al. Application of continuous system electrocoagulation method for textile industry wastewater treatment. En *Journal of Physics: Conference Series*. IOP Publishing, 2021. p. 012111. Disponible en:

<https://doi:10.1088/1742-6596/1882/1/012111>.

YUSUFF, R. O.; SONIBARE, J. A. Characterization of textile industries' effluents in Kaduna, Nigeria and pollution implications. *Global Nest: Int. J.*, 2004, vol. 6, no 3, p. 212-221. Disponible en:

https://www.academia.edu/912996/Characterization_of_textile_industries_effluents_in_Kaduna_Nigeria_and_pollution_implications?from=cover_page

ZODI, Salim, et al. Treatment of the textile wastewaters by electrocoagulation: Effect of operating parameters on the sludge settling characteristics. *Separation and purification Technology*, 2009, vol. 69, no 1, p. 29-36. Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.seppur.2009.06.028>

ANEXOS

Anexo 1. Categorías, subcategorías y matriz de categorización apriorística

| OBJETIVOS | CATEGORÍA | SUB CATEGORÍA | UNIDAD DE ANÁLISIS |
|--|---|---------------|--|
| Identificar los tipos de reactores que son los más utilizados para tratar las aguas residuales provenientes de la industria textil aplicando la electrocoagulación | Tipos de reactores utilizados en la aplicación de la electrocoagulación para aguas residuales provenientes de la industria textil | tipo batch | Rezagama et al. (2021); Aqeel et al. (2020); Fikri et al. (2019); Bermeo y Tinoco (2016); Núñez et al. (2019); Rekha y Murthy Usha (2016); Rusdianasari et al (2019); Rusdianasari et al. (2020); Ghernaout et al. (2014); Kalpataru et al. (2019); Naje et al. (2016); Rahman et al. (2015); Mountassir y Benyaich (2014); Asfaha et al. (2022) y Srikantha et al. (2020) |
| | | tipo continuo | Sutanto et al. (2021) y Choque (2019). |

| | | | |
|--|---------------------------------------|-----------------------------------|---|
| <p>Identificar los parámetros de mayor influencia que permiten obtener un mayor porcentaje de remoción de contaminantes de aguas residuales provenientes de la industria textil aplicando la</p> | <p>Parámetros de mayor influencia</p> | <p>Densidad de corriente</p> | <p>Rezagama et al. (2021); Aqeel et al. (2020); Fikri et al. (2019); Núñez et al. (2019); Sutanto et al. (2021); Rusdianasari et al. (2019); Ghernaout et al. (2014); Choque (2019); Naje et al. (2016); Mountassir y Benyaich (2014); Asfaha et al. (2022) y Srikantha et al. (2020)</p> |
| | | <p>Distancia entre electrodos</p> | <p>Aqeel et al. (2020); Fikri et al. (2019); Rusdianasari et al. (2020); Choque (2019); Naje et al. (2016) y Rahmanpour et al. (2015)</p> |
| | | <p>Tipo de electrodo</p> | <p>Rezagama et al. (2021); Fikri et al. (2019); Ghernaout et al. (2014) y Srikantha et al. (2020)</p> |
| | | <p>pH</p> | <p>Aqeel et al. (2020); Bermeo y Tinoco (2016); Núñez et al. (2019); Rekha y Usha (2016); Ghernaout et al. (2014); Kalpataru et al. (2019); Choque (2019); Rahmanpour et al. (2015); Mountassir y Benyaich (2014)</p> |

| | | | |
|--|-----------------------------------|---|---|
| electrocoagulación | | Tiempo de operación | Aqeel et al. (2020); Fikri et al. (2019); Bermeo y Tinoco (2016); Núñez et al. (2019); Rekha y Usha (2016); Rusdianasari et al. (2020); Ghernaout et al. (2014); Naje et al. (2016); Rahmanpour et al. (2015); Mountassir y Benyaich (2014); Asfaha et al. (2022) y Srikantha et al. (2020) |
| | | Voltaje | Rusdianasari et al. (2020); Ghernaout et al, (2014) y Srikantha et al. (2020) |
| | | Tiempo de retención hidráulica (reactor continuo) | Sutanto et al. (2021) y Choque (2019) |
| | | Número de electrodos | Fikri et al. (2019) y Srikantha et al. (2020) |
| Identificar los valores óptimos de los parámetros de mayor | Valores óptimos de los parámetros | Densidad de corriente eléctrica | Rezagama et al. (2021); Aqeel et al. (2020); Fikri et al. (2019); Núñez et al. (2019); Sutanto et al. (2021); Rusdianasari et al. (2019); Ghernaout et al. (2014); Choque (2019); Naje et al. (2016); Mountassir y Benyaich (2014); Asfaha et al. (2022) y Srikantha et al. (2020) |

| | | |
|---|-----------------------------------|--|
| <p>influencia en la aplicación de la electrocoagulación que permiten obtener un mayor porcentaje de remoción de contaminantes de aguas residuales provenientes de la industria textil</p> | <p>Distancia entre electrodos</p> | <p>Aqeel et al. (2020); Fikri et al. (2019); Rusdianasari et al. (2020); Choque (2019); Naje et al. (2016) y Rahmanpour et al. (2015)</p> |
| | <p>Tipo de electrodo</p> | <p>Rezagama et al. (2021); Fikri et al. (2019); Ghernaout et al. (2014) y Srikantha et al. (2020)</p> |
| | <p>pH</p> | <p>Aqeel et al. (2020); Bermeo y Tinoco (2016); Núñez et al. (2019); Rekha y Usha (2016); Ghernaout et al. (2014); Kalpataru et al. (2019); Choque (2019); Rahmanpour et al. (2015); Mountassir y Benyaich (2014)</p> |
| | <p>Tiempo de operación</p> | <p>Aqeel et al. (2020); Fikri et al. (2019); Bermeo y Tinoco (2016); Núñez et al. (2019); Rekha y Usha (2016); Rusdianasari et al. (2020); Ghernaout et al. (2014); Naje et al. (2016); Rahmanpour et al. (2015); Mountassir y Benyaich (2014); Asfaha et al. (2022) y Srikantha et al. (2020)</p> |
| | <p>Voltaje</p> | <p>Rusdianasari et al. (2020); Ghernaout et al. (2014) y Srikantha et al. (2020)</p> |
| | <p>Número de electrodos</p> | <p>Fikri et al. (2019) y Srikantha et al. (2020)</p> |

Anexo 2. Instrumento - Ficha de recolección de datos

| FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS | | | |
|--------------------------------------|------------------------------|---|---------------------------------------|
| AUTOR(ES) | | URL/DIU | |
| TÍTULO | | AÑO | |
| OBJETIVO | | TIPO DE EFLUENTE | |
| TIPO DE REACTOR | | CAUDAL | |
| FORMACIÓN DE ELECTRODOS | | NÚMERO DE ELECTRODOS | |
| MATERIAL DE ELECTRODOS | | TIPO DE CELDA | |
| FUENTE DE ALIMENTACIÓN | | DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN | |
| TIEMPO DE CORRIENTE | | ESPACIO ENTRE ELECTRODOS | |
| PARÁMETROS EVALUADOS | | CONDICIÓN ÓPTIMA DE LOS PARÁMETROS | |
| | | | |
| CONTAMINANTE REMOVIDO | CONCENTRACIÓN INICIAL | CONCENTRACIÓN FINAL | PARÁMETROS DE MAYOR INFLUENCIA |
| | | | |

Anexo 3. Validación del instrumento

CARTA DE PRESENTACIÓN

Señor: Ing. Karina Milagros Ordóñez Ruiz

Presente

Asunto: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO A TRAVÉS DE JUICIO DE EXPERTOS.

Yo Tejada Pacheco Juan Guillermo y Paredes Flores Ricky Michael, identificados con los DNI N°72261884 y 71713851, alumnos del taller de titulación N° 348 en la carrera de Ingeniería Ambiental, a usted con el debido respeto me presento y le manifiesto:

Que siendo requisito indispensable el recojo de datos necesarios para la tesis que vengo elaborando titulada: **“Aplicación de la Electrocoagulación en el tratamiento de aguas residuales provenientes de la industria textil, una Revisión Sistemática de los últimos 10 años”**, solicito a Ud. Se sirva validar el instrumento que le adjunto bajo los criterios académicos correspondientes. Para este efecto adjunto el siguiente documento:

- Ficha de recolección de datos

Por tanto:

A usted, ruego acceder mi petición.

Lima,27 de febrero del
2022



Firma

Ricky Michael Paredes Flores

D.N.I: 71713851



Firma

Juan Guillermo Tejada Pacheco

D.N.I: 72261884

Observaciones:

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [x]

Aplicable después de corregir []

No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador Dr. / Mg: Ordóñez Ruiz Karina Milagros

DNI: 41807923

Especialidad del validador: MSc. Gestión Ambiental

Trujillo, 18 de marzo del 2022

¹**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión



M.Sc. Karina M. Ordóñez Ruiz
INGENIERO AMBIENTAL
CIP. N° 108582

INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTO SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACION CIENTIFICA

I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto : Ordóñez Ruiz, Karina Milagros
 Institución donde labora : Universidad Nacional de San Martín - T
 Especialidad : Maestro en ciencias con mención en Gestión Ambiental
 Instrumento de evaluación : Ficha de recolección de datos
 Autor (s) del instrumento (s) : Tejada Pacheco Juan Guillermo
 Paredes Flores Ricky Michael

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

| CRITERIOS | INDICADORES | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----------------------|--|----|---|---|---|---|
| CLARIDAD | Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales. | | | | X | |
| OBJETIVIDAD | Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable, en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales. | | | | | X |
| ACTUALIDAD | El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la Ficha de recolección de datos. | | | | X | |
| ORGANIZACIÓN | Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permiten hacer inferencias en función a la hipótesis, problema y objetivos de la investigación. | | | | | X |
| SUFICIENCIA | Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores. | | | | X | |
| INTENCIONALIDAD | Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis mediante la Ficha de recolección de datos. | | | | | X |
| CONSISTENCIA | La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación. | | | | | X |
| COHERENCIA | Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión a través de la Ficha de recolección de datos. | | | | | X |
| METODOLOGÍA | La relación entre la técnica y el instrumento propuesto responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación. | | | | X | |
| PERTINENCIA | La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento. | | | | | X |
| PUNTAJE TOTAL | | 46 | | | | |

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41 "Excelente"; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

Instrumento coherente y apto para su aplicación.

PROMEDIO DE VALORACIÓN:

46

Trujillo, 18 de marzo de 2022



M.S. Marina M. Cruz Ruiz
INGENIERO AMBIENTAL
CIP. N° 108582

Anexo 4. Fichas de recolección de datos

| FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS | | | |
|---|---|--|---|
| AUTOR(ES) | A Rezagama, D S Handayani, B A Rahardjo, S Ashifa and M Y Wafa | URL/DOI | https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/896/1/012078/pdf |
| TÍTULO | Treatment of textile industry wastewater by electrocoagulation technology | AÑO | 2021 |
| OBJETIVO | Determinar la eficacia de la eliminación de la electrocoagulación en efluentes de residuos textiles | EFLUENTE | Artificial |
| TIPO DE REACTOR | Batch | TIPO DE CAUDAL | 1091 mg/L Pt-Co (platino y cobalto) |
| FORMACIÓN DE ELECTRODOS | Al-Al, Al-Fe, Fe-Al, Fe-Fe. | NÚMERO DE ELECTRODOS | 2 |
| MATERIAL DE ELECTRODOS | Aluminio y Hierro | TIPO DE CELDA | Estándar rectangular |
| FUENTE DE ALIMENTACIÓN | Corriente continua | DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN | Experimental |
| TIEMPO DE OPERACIÓN | 5 minutos | ESPACIO ENTRE ELECTRODOS | - |
| PARAMETROS EVALUADOS | | CONDICIÓN OPTIMA DEL PARAMETRO | |
| Voltaje y tipo de electrodo | | Voltaje 4V y electrodos de Fe | |
| REMOCIÓN DE CONTAMINANTES | VALOR INICIAL | CONCENTRACIÓN FINAL | PARAMETROS DE MAYOR INFLUENCIA |
| Análisis de remoción de color y remoción de DQO en aguas residuales provenientes de la industria textil | 0.324 absorbancia 1077.677 mg/L 0.236 absorbancia 691.6667 mg/L | 0.13 absorbancia 431mg/L unidades de Pt-Co 60.006186% 0.103 absorbancia 248.3333 mg/L 64.09639% | Voltaje de 4 amperios y distribución de ánodo y cátodo Fe-Fe paralelos |

| FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS | | | |
|---|--|--|---|
| AUTOR(ES) | Khalifah Aqeel, Hayfaa A. Mubarak, Joseph Amoako-Attah, Leith A. Abdul Rahaim, Rafid Al Hadar, Mawada Abdellatif, Abuduljaleel Al-Janabi Khalid S. Hashim | URL/DOI | https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/888/1/012036/pdf |
| TÍTULO | Electrochemical removal of brilliant green dye from wastewater | AÑO | 2020 |
| OBJETIVO | Este estudio se centra en el uso del método de electrocoagulación (EC) para remediar los efluentes coloreados artificialmente de con colorante verde brillante (Brilliant Green) como contaminante muestra | EFLUENTE | Artificial |
| TIPO DE REACTOR | Batch | TIPO DE CAUDAL | 1400 ml con una concentración de 30 mg/L Brilliant green |
| FORMACIÓN DE ELECTRODOS | Al-Al | NÚMERO DE ELECTRODOS | 2 |
| MATERIAL DE ELECTRODOS | Aluminio de 1 mm de grosor y de 10x7 cm | TIPO DE CELDA | Estándar rectangular |
| FUENTE DE ALIMENTACIÓN | Corriente continua | DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN | Experimental |
| TIEMPO DE OPERACIÓN | 30 minutos | ESPACIO ENTRE ELECTRODOS | 4,8 y 12 mm |
| PARAMETROS EVALUADOS | | CONDICIÓN OPTIMA DEL PARAMETRO | |
| pH, tiempo de operación, distancia entre electrodos, densidad de corriente, electrolitos de apoyo | | 30 minutos en el tiempo de operación con un espacio entre electrodos de 4,0 mm, una corriente continua de 488 mA y un pH de 7,0. | |
| REMOCIÓN DE CONTAMINANTES | VALOR INICIAL | CONCENTRACIÓN FINAL | PARAMETROS DE MAYOR INFLUENCIA |
| Tinte Big Green | 100% de concentración | Una remoción del 95,3 % del tinte Big Green | pH, tiempo de operación, distancia entre electrodos, densidad de corriente, electrolitos de apoyo |

| FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS | | | |
|--|---|--|---|
| AUTOR(ES) | Elanda Fikri, Nita Shinta Wati, Tati Ruhmawati | URL/DOI | https://doi.org/10.12911/22998993/110960 |
| TÍTULO | Economic Valuation and Effectiveness of Utilizing Electrocoagulation System in Reducing Chemical Oxygen Demand of Textile Industry Wastewater | AÑO | 2019 |
| OBJETIVO | <p>Demostrar la efectividad de la electrocoagulación en la reducción de la Demanda Química de Oxígeno y realizar una valoración económica del proceso de electrocoagulación</p> | EFLUENTE | Artificial |
| TIPO DE REACTOR | Batch | TIPO DE CAUDAL | - |
| FORMACIÓN DE ELECTRODOS | Al-Al | NÚMERO DE ELECTRODOS | 4, 6 y 8 |
| MATERIAL DE ELECTRODOS | Placas de aluminio de 1 mm de grosor y 20×22 cm | TIPO DE CELDA | Estándar rectangular |
| FUENTE DE ALIMENTACIÓN | Corriente continua | DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN | Experimental |
| TIEMPO DE OPERACIÓN | 45 minutos | ESPACIO ENTRE ELECTRODOS | 3 cm |
| PARAMETROS EVALUADOS | | CONDICIÓN OPTIMA DEL PARAMETRO | |
| Temperatura, pH, Voltaje, DQO, Tiempo de operación, Número de electrodos | | Cantidad de electrodos 8, distancia entre electrodos 3 cm, 9 voltios, 5 amperios | |
| REMOCIÓN DE CONTAMINANTES | VALOR INICIAL | CONCENTRACIÓN FINAL | PARAMETROS DE MAYOR INFLUENCIA |
| Demanda Química de Oxígeno | Los niveles de DQO antes del tratamiento fueron 221.5 mg/l | Con 4 electrodos 73.0–97 mg/l 62.2% de remoción, con 6 51.0–76.8 mg/l (73.06% de remoción) y con 8 23.0–41.0 mg/l (85.26% de remoción) | Cantidad de electrodos, voltaje, densidad de corriente y tiempo de operación |

| FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS | | | |
|--|--|---|---|
| AUTOR(ES) | Djamel Ghernaout, Abdulaziz Ibraheem Al-Ghonamy, Mohamed Wahib Naceur, Nouredine Ait Messaoudene and Mohamed Aichouni | URL/DOI | https://doi.org/10.5599/jese.2014.0065 |
| TÍTULO | Influence of operating parameters on electrocoagulation of c.l. disperse yellow 3 | AÑO | 2014 |
| OBJETIVO | Electrocoagulación para el tratamiento de agua sintética que contiene el colorante Disperse Yellow 3 (DY), utilizado en la industria textil argelina y conocer el porcentaje que se puede remover aplicando ciertos parámetros operativos en el proceso de electrocoagulación. | EFLUENTE | Artificial |
| TIPO DE REACTOR | Batch | TIPO DE CAUDAL | 500 mL, solución colorante sintético (agua destilada + DY + NaCl) |
| FORMACIÓN DE ELECTRODOS | Al – Al, Fe - Fe | NÚMERO DE ELECTRODOS | 2 |
| MATERIAL DE ELECTRODOS | Al - Fe | TIPO DE CELDA | Estándar rectangular |
| FUENTE DE ALIMENTACIÓN | Corriente continua | DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN | Experimental |
| TIEMPO DE OPERACIÓN | 5 a 75 minutos | ESPACIO ENTRE ELECTRODOS | 2 cm |
| PARAMETROS EVALUADOS | | CONDICIÓN ÓPTIMA DEL PARAMETRO | |
| pH, electrolitos de apoyo NaCl, densidad de corriente, concentración del tinte DisperseYellow 3 (DY) | | densidad de corriente de 350 A/m ² (voltaje aplicado 12V), electrolitos de apoyo NaCl = 1 g/L, electrodos de Al, el tiempo de operación estimado fue de 10 minutos y el pH a 6 | |
| REMOCIÓN DE CONTAMINANTES | VALOR INICIAL | CONCENTRACIÓN FINAL | PARAMETROS DE MAYOR INFLUENCIA |
| Tinte DisperseYellow 3 | 200 ml 100% de concentración de colorante | 86% de remoción de tinte DisperseYellow 3. | Tiempo de operación, densidad de corriente, pH y tipo de electrodo, electrolitos de apoyo |

| FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS | | | |
|---|--|---|---|
| AUTOR(ES) | Ahmed Samir Naje, Shreeshivadasan Chelliapan, Zuriati Zakaria, Saad A.Abbas. | URL/DOI | https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.03.034 |
| TÍTULO | Electrocoagulation using a rotated anode: A novel reactor design for textile wastewater treatment | AÑO | 2016 |
| OBJETIVO | Investigar las condiciones operativas óptimas de un nuevo reactor de electrocoagulación (EC) de lecho rotatorio para el tratamiento de aguas residuales textiles | EFLUENTE | Real |
| TIPO DE REACTOR | Batch | TIPO DE CAUDAL | Las aguas residuales utilizadas en este trabajo se recolectaron de una importante industria textil en Irak (Babilonia). La industria utiliza el Imperon Violet KB (CAS #: 6358-46-9) para el proceso de teñido de telas |
| FORMACIÓN DE ELECTRODOS | Al - Al | NÚMERO DE ELECTRODOS | 4 |
| MATERIAL DE ELECTRODOS | Aluminio | TIPO DE CELDA | Cilindro recto |
| FUENTE DE ALIMENTACIÓN | Corriente continua | DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN | Experimental |
| TIEMPO DE OPERACIÓN | 40 minutos | ESPACIO ENTRE ELECTRODOS | 1 cm |
| PARAMETROS EVALUADOS | | CONDICIÓN ÓPTIMA DEL PARAMETRO | |
| la velocidad de rotación, la densidad de corriente, el tiempo operativo, el pH, la temperatura y la distancia entre, electrolitos de apoyo | | La investigación concluyó los parámetros que permiten obtener un mayor porcentaje de eliminación de contaminantes en el tratamiento de aguas residuales textiles fueron una densidad de corriente de 4mA/cm ² , tiempo de operación del reactor de 10 minutos a 150 rpm, pH 4.57 y la distancia entre electrodos de 1 cm | |
| REMOCIÓN DE CONTAMINANTES | VALOR INICIAL | CONCENTRACIÓN FINAL | PARAMETROS DE MAYOR INFLUENCIA |
| Color, Sólidos Suspendidos Totales (TSS), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Demanda Biológica de Oxígeno DBO, turbidez, color y fenoles en el agua. | 100% | La demanda química de oxígeno (DQO) 97.10 %, la demanda biológica de oxígeno (DBO) 95,55 %, los sólidos suspendidos totales (TSS) 98 %, la turbidez, 96 %, el color 98.50 % y fenoles al 99.99% de remoción. | Densidad de corriente, velocidad de rotación, tiempo de operación y distancia entre electrodos |

| FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS | | | |
|---|---|--|--|
| AUTOR(ES) | Yemane G. Asfaha, Feleke Zewge, Teketel Yohannes y Shimelis Kebede | URL/DOI | https://doi.org/10.2166/wst.2022.061 |
| TÍTULO | Investigation of cotton textile industry wastewater treatment with electrocoagulation process: performance, mineralization, and kinetic study | AÑO | 2020 |
| OBJETIVO | Evaluar el rendimiento del proceso de electrocoagulación y por su capacidad para eliminar el color, el (TOC), (DQO) mediante electrodos de aluminio, modificando DC aplicada, el tiempo de electrólisis y el pH | EFLUENTE | Artificial |
| TIPO DE REACTOR | Batch | TIPO DE CAUDAL | Vivizol Red 3BS (VR 3BS 150 %) 2 gramos por litro VR 3BS 150% colorante reactivo fue considerado preparar la solución de trabajo simulada en 1 L |
| FORMACIÓN DE ELECTRODOS | Al-Al-Al-Al | NÚMERO DE ELECTRODOS | 4 |
| MATERIAL DE ELECTRODOS | Aluminio | TIPO DE CELDA | Cilíndrica |
| FUENTE DE ALIMENTACIÓN | Corriente continua | DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN | Experimental |
| TIEMPO DE OPERACIÓN | 5 – 35 minutos | ESPACIO ENTRE ELECTRODOS | - |
| PARAMETROS EVALUADOS | | CONDICIÓN ÓPTIMA DEL PARAMETRO | |
| Tipo de electrodos, tiempo de operación y pH, electrolitos de apoyo | | tiempo de operación de 25 minutos, la densidad de corriente 32,95 mA/cm ² , y pH inicial de 3 | |
| REMOCIÓN DE CONTAMINANTES | VALOR INICIAL | CONCENTRACIÓN FINAL | PARAMETROS DE MAYOR INFLUENCIA |
| Vivizol Red 3BS (VR 3BS 150 %) | 100% Carbono orgánico total | El porcentaje máximo de remoción de color fue de 89 % y DQO del 76 % | Densidad de corriente, tiempo de operación |

| FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS | | | |
|--|---|---|--|
| AUTOR(ES) | Hanumanthappa Srikantha, Mahesh Shivaswamy and Sahana Mahesh | URL/DOI | https://doi.org/10.2166/wst.2020.426 |
| TÍTULO | Batch electrochemical coagulation of real textile wastewater using Cu-SS and SS-Cu electrode combinations and its settleability aspects | AÑO | 2020 |
| OBJETIVO | Evaluar las 16 combinaciones de electrodos en la aplicación de la electrocoagulación en aguas residuales de la industria textil | EFLUENTE | Muestra real |
| TIPO DE REACTOR | Batch | TIPO DE CAUDAL | Muestra extraída del desagüe de una fábrica textil local que utiliza seda (extraída de capullos) como materia prima, la muestra contenía valores de color a >3,000 unidades de platino cobalto |
| FORMACIÓN DE ELECTRODOS | Las 16 combinaciones de SS - Cu | NÚMERO DE ELECTRODOS | 4 electrodos |
| MATERIAL DE ELECTRODOS | Acero inoxidable y cobre | TIPO DE CELDA | Rectangular |
| FUENTE DE ALIMENTACIÓN | Corriente continua | DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN | Experimental |
| TIEMPO DE OPERACIÓN | 75 minutos | ESPACIO ENTRE ELECTRODOS | - |
| PARAMETROS EVALUADOS | | CONDICIÓN ÓPTIMA DEL PARAMETRO | |
| Tipo y distribución de los electrodos, tiempo de operación, pH, DQO, color | | Tipo de electrodos 3 SS – 1Cu, 18 V y 180 A/m ² , el tiempo de operación de 75 minutos | |
| REMOCIÓN DE CONTAMINANTES | VALOR INICIAL | CONCENTRACIÓN FINAL | PARÁMETROS DE MAYOR INFLUENCIA |
| DQO Color | 3,012 mg/L | 89.37% para 4SS y 72.34% para 3SS-1Cu | Tipo de electrodo, distribución de electrodos, voltaje, densidad de corriente, tiempo de operación |

| FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS | | | |
|--|---|---|---|
| AUTOR(ES) | J. Núñez, M. Yeber, N. Cisternas, R. Thibaut, P. Medina, C. Carrasco | URL/DOI | https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.03.030 |
| TÍTULO | Application of electrocoagulation for the efficient pollutants removal to reuse the treated wastewater in the dyeing process of the textile industry | AÑO | 2019 |
| OBJETIVO | Demostrar que el tratamiento Electrocoagulación resulta en altas eficiencias de remoción y que después del tratamiento es posible reutilizar los residuos líquidos industriales en el proceso de teñido de lana | EFLUENTE | -Residuos líquidos industriales provenientes del proceso de lino teñido. - Residuos líquidos industriales provenientes de la piscina de efluentes residuales en la que se depositan todos los efluentes de la industria textil |
| TIPO DE REACTOR | Batch | TIPO DE CAUDAL | Muestra 1: Color 10000 Pt/Co), Turbidez 105 NTU y DQO 800 mg/L. Muestra 2: Color 401 Pt/Co), Turbidez 12.5 NTU y DQO 478.7 mg/L |
| FORMACIÓN DE ELECTRODOS | Paralelo | NÚMERO DE ELECTRODOS | 2 |
| MATERIAL DE ELECTRODOS | Aluminio y Hierro | TIPO DE CELDA | Rectangular |
| FUENTE DE ALIMENTACIÓN | Corriente continua | DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN | Experimental |
| PARÁMETROS EVALUADOS | | CONDICIÓN ÓPTIMA DEL PARÁMETRO | |
| pH, densidad de corriente, separación de electrodos y tiempo | | pH 7.1, densidad de corriente 8 mAcm ² , separación entre electrodos 12 mm y tiempo 15 min | |
| REMOCIÓN DE CONTAMINANTES | CONCENTRACION INICIAL | CONCENTRACION FINAL | PARÁMETROS DE MAYOR INFLUENCIA |
| | Muestra 1 / Muestra 2 | Muestra 1 / Muestra 2 | Densidad de corriente, pH y tiempo de operación |
| Color (Pt-Co mgL ⁻¹) | 10,000 / 401 | 2400 / 56.1 | |
| Turbidez (NTU) | 105 / 12.5 | 62,6 / 2,3 | |
| DQO (mgL ⁻¹) | 800 / 478.7 | 604 / 196,3 | |

| FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS | | | |
|---|--|--|---|
| AUTOR(ES) | H. B. Rekha y Murthy Usha N. | URL/DOI | https://neptjournal.com/upload-images/NL-55-14-(12)B-3159.pdf |
| TÍTULO | Decolorization of Reactive Dye Solutions by Electrocoagulation using Iron Electrodes | AÑO | 2016 |
| OBJETIVO | Demostrar la viabilidad de la electrocoagulación ante las soluciones de colorantes reactivos | EFLUENTE | Colorante reactivo Remazol Red RB 133 |
| TIPO DE REACTOR | Batch | TIPO DE CAUDAL | Muestra 1: Color 10000 Pt/Co), Turbidez 105 NTU y DQO 800 mg/L. Muestra 2: Color 401 Pt/Co), Turbidez 12.5 NTU y DQO 478.7 mg/L |
| FORMACIÓN DE ELECTRODOS | | NÚMERO DE ELECTRODOS | 2 |
| MATERIAL DE ELECTRODOS | Hierro | TIPO DE CELDA | Rectangular |
| FUENTE DE ALIMENTACIÓN | Corriente continua 0-15 V, 0-10 A | DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN | Experimental |
| PARÁMETROS EVALUADOS | | CONDICIÓN ÓPTIMA DEL PARÁMETRO | |
| Tiempo de operación, distancia entre electrodos, intensidad de corriente y pH | | pH neutro, distancia entre electrodos 2 cm, tiempo de operación 10 min, intensidad de corriente 0.44A. | |
| REMOCIÓN DE CONTAMINANTES | CONCENTRACIÓN INICIAL | CONCENTRACIÓN FINAL | PARÁMETROS DE MAYOR INFLUENCIA |
| Color | 100% | Eliminación de 73,12 % | pH y tiempo de operación |
| DQO | 100% | Eliminación de 53,44 % | |

| FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS | | | |
|---|--|---|---|
| AUTOR(ES) | Sutanto, S Warnasih, A H Mulyati and Y M Intan | URL/DOI | 10.1088/1742-6596/1882/1/012111 |
| TÍTULO | Application of continuous system electrocoagulation method for textile industry wastewater treatment | AÑO | 2021 |
| OBJETIVO | Determinar la densidad de voltaje y caudal óptimos por sistema continuo EC | EFLUENTE | Aguas residuales reales de industriales textiles en Cibitung, Bekasi, Java Occidental |
| TIPO DE REACTOR | Continuo | TIPO DE CAUDAL | Variación de caudal de 1 a 2,5 ms |
| FORMACIÓN DE ELECTRODOS | Placas paralelas | NÚMERO DE ELECTRODOS | 6 |
| MATERIAL DE ELECTRODOS | Aluminio | TIPO DE CELDA | Rectangular |
| FUENTE DE ALIMENTACIÓN | Corriente continua | DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN | Experimental |
| PARÁMETROS EVALUADOS | | CONDICIÓN ÓPTIMA DEL PARÁMETRO | |
| Densidad de voltaje, HRT (tiempo de retención hidráulica) | | Densidad de voltaje de 12 Vcm-1(18 voltios, 1,5 cm) y HRT 30 minutos (tasa de flujo de 1 mL s-1) pH 6.91, | |
| REMOCIÓN DE CONTAMINANTES | CONCENTRACIÓN INICIAL | CONCENTRACIÓN FINAL | PARÁMETROS DE MAYOR INFLUENCIA |
| DQO remoción del 91.80% | 1683 mgL | 138 mgL | Densidad de corriente y TRH |
| TSS remoción 87.83% | 937 mgL | 114mgL | |
| Color | 305.5 mgL PtCo | 48.5 mgL | |

| FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS | | | |
|---|--|--|--|
| AUTOR(ES) | Martha Bermeo Garay y Oscar Tinoco Gómez | URL/DOI | http://dx.doi.org/10.15381/idata.v19i2.12844 |
| TÍTULO | Remoción de colorantes de efluentes sintético de industria textil aplicando tecnología avanzada | AÑO | 2016 |
| OBJETIVO | Remover colorantes orgánicos e inorgánicos de efluentes textiles por medio de la técnica de electrocoagulación con electrodo de hierro | EFLUENTE | Se prepararon 100 litros de la muestra sintética de agua residual de industria textil, mediante reactivos y fórmula proporcionadas por una industria |
| TIPO DE REACTOR | Batch | TIPO DE CAUDAL | Color 3500 Pt/Co, DQO 1300 ml/L |
| FORMACIÓN DE ELECTRODOS | Paralelo | NÚMERO DE ELECTRODOS | 01 electrodo con 9 placas |
| MATERIAL DE ELECTRODOS | Aluminio y Hierro | TIPO DE CELDA | Rectangular |
| FUENTE DE ALIMENTACIÓN | Corriente continua | DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN | Experimental |
| PARÁMETROS EVALUADOS | | CONDICIÓN ÓPTIMA DEL PARÁMETRO | |
| Densidad de corriente, distancia entre electrodos, pH y tiempo de operación | | Densidad de corriente: 27.92 A/m ² , distancia entre electrodos 0.8 mm, pH: 10 y tiempo de operación: 08min | |
| REMOCIÓN DE CONTAMINANTES | CONCENTRACIÓN INICIAL | CONCENTRACIÓN FINAL | PARÁMETROS DE MAYOR INFLUENCIA |
| DQO (mg/L) | 3500 | 32,67 | |
| COLOR (Pt/Co) | 1300 | 50,67 | pH y densidad de corriente, tiempo de operación |

| FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS | | | |
|---|---|--|---|
| AUTOR(ES) | Rusdianasari, Ibnu Hajar, dan Indri Ariyanti | URL/DOI | http://ojs.pnb.ac.id/index.php/LOGIC |
| TÍTULO | Sonket industry wastewater Processing using electrocoagulation method | AÑO | 2019 |
| OBJETIVO | Aplicación de electrocoagulación como proceso para la eliminación de los desechos líquidos de la industria Sonket | EFLUENTE | La muestra utilizada fue agua residual real líquida de la industria del songket en el área de Kertapati |
| TIPO DE REACTOR | Batch | TIPO DE CAUDAL | Residuos líquidos Songket |
| FORMACIÓN DE ELECTRODOS | 1 cm de distancia entre electrodos | NÚMERO DE ELECTRODOS | 2 |
| MATERIAL DE ELECTRODOS | Aluminio | TIPO DE CELDA | Cilíndrico |
| FUENTE DE ALIMENTACIÓN | Corriente continua | DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN | Experimental |
| PARÁMETROS EVALUADOS | | CONDICIÓN ÓPTIMA DEL PARÁMETRO | |
| Densidad de corriente, tiempo de operación, distancia entre electrodos. | | Tiempo 160 min, distancia entre electrodos 1 cm y densidad de corriente de 25 A/m ² | |
| REMOCIÓN DE CONTAMINANTES | CONCENTRACIÓN INICIAL | CONCENTRACIÓN FINAL | PARÁMETROS DE MAYOR INFLUENCIA Densidad de corriente |
| | 213.5 mgL | 30 mgL | |
| | 702 mgL | 93 mgL | |
| | 985 mgL | 163 mgL | |
| | 1120 Pt-co | 24 Pt-co | |
| | 7.85 mgL | 0.22 mgL | |

| FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS | | | |
|---|--|--|--|
| AUTOR(ES) | Rusdianasari, Ibnu Hajar, dan Indri Ariyanti | URL/DOI | http://ijfac.unsri.ac.id/index.php/ijfac/article/view/191/106 |
| TÍTULO | Electrocoagulation Method to Reduce Pollutants in the Wastewater of Jumptan Fabric Industry | AÑO | 2020 |
| OBJETIVO | Determinar el efecto de la distancia de los electrodos con las variaciones y las tensiones del proceso mediante electrocoagulación | EFLUENTE | La muestra utilizada fue agua residual de la industria de la tela jumptan obtenida del Centro Industrial de Kampung Kain Village, Tuan Kentang Kertapati Village, Palembang, Sumatra del Sur |
| TIPO DE REACTOR | Batch | TIPO DE CAUDAL | Residuos líquidos reales de la tela jumptan |
| FORMACIÓN DE ELECTRODOS | MP-P (Monopolar-Paralelo) | NÚMERO DE ELECTRODOS | 4 |
| MATERIAL DE ELECTRODOS | Aluminio | TIPO DE CELDA | Rectangular |
| FUENTE DE ALIMENTACIÓN | Corriente continua | DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN | Experimental |
| PARÁMETROS EVALUADOS | | CONDICIÓN ÓPTIMA DEL PARÁMETRO | |
| Distancia entre electrodos, tiempo de operación y voltaje | | Distancia entre electrodos 1.5 cm, tiempo de operación 120 min y voltaje 20 v. | |
| REMOCIÓN DE CONTAMINANTES | CONCENTRACIÓN INICIAL | CONCENTRACIÓN FINAL | PARÁMETROS DE MAYOR INFLUENCIA Tiempo de operación, distancia entre electrodos y voltaje |
| Turbidez | 330 NTU | 0.29 NTU | |
| TDS | 969.1 ppm | 323,8 mg/LL | |
| TSS | 28.2 mgL | 18.701 mg/l | |
| Color | 3300 Pt-Co | 22 Pt-co | |
| Cr | 0.08 mgL | <0.003 mg/L | |
| pH (ECA 6.0-9-0) | 5.64 | 8.1 | |

| FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS | | | |
|--|---|---|---|
| AUTOR(ES) | Youssef Mountasir, Abdelaziz Benyaich | URL/DOI | https://www.10.1016/j.dyepig.2004.03.020 |
| TÍTULO | Detoxification and decolorization of Moroccan textile wastewater by electrocoagulation : energetic and toxicological evaluation | AÑO | 2014 |
| OBJETIVO | Comparar la efectividad de cada material de electrodo en la eliminación de contaminantes de aguas residuales reales. Una vez identificadas las condiciones óptimas, examinamos la eficacia de la descontaminación | EFLUENTE | Se realizó utilizando aguas residuales de una gran industria textil "Tenmar" ubicada en el sur de Marruecos |
| TIPO DE REACTOR | Batch | TIPO DE CAUDAL | - |
| FORMACIÓN DE ELECTRODOS | - | NÚMERO DE ELECTRODOS | - |
| MATERIAL DE ELECTRODOS | Aluminio y Hierro | TIPO DE CELDA | Rectangular |
| FUENTE DE ALIMENTACIÓN | Corriente continua | DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN | Experimental |
| PARÁMETROS EVALUADOS | | CONDICIÓN ÓPTIMA DEL PARÁMETRO | |
| Tiempo de operación, densidad de corriente, pH | | Tiempo de operación 25 min, densidad de corriente 125 A/m ² y pH 7 | |
| REMOCIÓN DE CONTAMINANTES | CONCENTRACIÓN INICIAL | CONCENTRACIÓN FINAL | PARÁMETROS DE MAYOR INFLUENCIA |
| Color | - | Remoción 91% | |
| DQO | - | Remoción 78% | pH, densidad de corriente y tiempo de operación |

| FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS | | | |
|---|--|---|---|
| AUTOR(ES) | Kalpataru Paul, Shaikh Ashik- Un-Noor and M. A. Jalil | URL/DOI | DOI: HTTPS://DOI.ORG/10.23910/IJBSM/2019.10. 4.2017a |
| TÍTULO | Treatment and Operating Cost Analysis of Textile Wastewater by Electro- coagulation | AÑO | 2019 |
| OBJETIVO | Eliminación de color y DQO de los efluentes textiles mediante el proceso de electrocoagulaci ón | EFLUENTE | Industria Modele De Capital Industries Limited contiene pH 7.4, color 1010 Pt.Co, turbidez 115 NTU, DQO 326 mgL y DO 0.11 mg; mientras que industria A-One Polar Ltd tiene pH 8.8, color 1505 Pt.Co, turbidez 172 NTU, DQO 515 mgL y DO .15 mgL. |
| TIPO DE REACTOR | Batch | TIPO DE CAUDAL | Agua residual real, 1500 ml |
| FORMACIÓN DE ELECTRODOS | MP-P (Monopolar- Paralelo) | NÚMERO DE ELECTRODOS | 8 |
| MATERIAL DE ELECTRODOS | Aluminio / Hierro | TIPO DE CELDA | Rectangular |
| FUENTE DE ALIMENTACIÓN | Corriente continua | DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN | Experimental |
| PARÁMETROS EVALUADOS | | CONDICIÓN ÓPTIMA DEL PARÁMETRO | |
| pH, Material de electrodo, distancia entre electrodos, tiempo de operación, voltaje | | Voltaje 5 A., tiempo de operación 15 min, distancia entre electrodos 25 mm y pH inicial 5.5. | |
| REMOCIÓN DE CONTAMINANTES | CONCENTRACIÓN INICIAL | CONCENTRACIÓN FINAL | PARÁMETROS DE MAYOR INFLUENCIA |
| Turbidez | 330 NTU | Remoción 71.50% | pH |
| DQO | 28.2 mgL | Remoción 67,.4% | |
| Color | 3300 Pt-Co | Remoción 98% | |

| FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS | | | |
|--|--|--|---|
| AUTOR(ES) | Elham Rahmanpour Salmani, Akram Ghorbanian, Saeid Ahmadzadeh, Maryam Dolatabadi, Nasrin Nemanifar | URL/DOI | https://www.academia.edu/36423972/Removal_of_Reactive_Red_141_Dye_from_Synthetic_Wastewater_by_Electrocoagulation_Process_Investigation_of_Operational_Parameters?bulk-Download=thisPaper-topRelated-same-Author-citingThis-cited-ByThis-secondOrder |
| TÍTULO | Removal of Reactive Red 141 Dye from Synthetic Wastewater by Electrocoagulation Process: Investigation of Operational Parameters | AÑO | 2015 |
| OBJETIVO | Estudiar la eficiencia del proceso EC en la decoloración de aguas residuales sintéticas utilizando electrodos de hierro e investigar en varios niveles el papel de diferentes parámetros operativos influyentes en la eliminación del tinte. | EFLUENTE | Reactive Red 141 fue seleccionado como representante de los colorantes azoicos |
| TIPO DE REACTOR | Batch | TIPO DE CAUDAL | Reactive Red 141 |
| FORMACIÓN DE ELECTRODOS | - | NÚMERO DE ELECTRODOS | - |
| MATERIAL DE ELECTRODOS | Hierro | TIPO DE CELDA | Rectangular |
| FUENTE DE ALIMENTACIÓN | Corriente continua | DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN | Experimental |
| PARÁMETROS EVALUADOS | | CONDICIÓN ÓPTIMA DEL PARÁMETRO | |
| Densidad de corriente, tiempo de operación, pH, distancia entre electrodos | | Densidad de corriente 22.76 mA/cm ² , tiempo de operación 10.82 min, pH 9.68, distancia entre electrodos 1.58 cm. | |
| REMOCIÓN DE CONTAMINANTES | CONCENTRACIÓN INICIAL | CONCENTRACIÓN FINAL | PARÁMETROS DE MAYOR INFLUENCIA |
| Color | 180 ppm | Remoción 99,88% | Tiempo de operación, pH, distancia entre electrodos y densidad de corriente |

| FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS | | | |
|--|--|---|---|
| AUTOR(ES) | Choque Huisa, Marco Mike | URL/DOI | http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/1049 |
| TÍTULO | Tratamiento de aguas residuales en la industria textil, por el método de Electrocoagulación | AÑO | 2020 |
| OBJETIVO | Desarrollar, proponer, evaluar y analizar mediante la experimentación las eficiencias del tratamiento de aguas residuales de la industria textil por el método no convencional "Electrocoagulación". | EFLUENTE | Las muestras de aguas residuales se recolectaron de industrias textiles reales en Arequipa. La muestra puntual del efluente a utilizar, fue monitoreada a distintas horas para obtener la muestra con las concentraciones más altas, para así poder trabajar con el peor caso posible |
| TIPO DE REACTOR | Continuo | TIPO DE CAUDAL | 0.22 L/min, 0.27 L/min y 0.32 L/min |
| FORMACIÓN DE ELECTRODOS | MP-P (Monopolar-Paralelo) | NÚMERO DE ELECTRODOS | 15 |
| MATERIAL DE ELECTRODOS | Hierro | TIPO DE CELDA | Rectangular |
| FUENTE DE ALIMENTACIÓN | Corriente continua | DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN | Experimental |
| PARÁMETROS EVALUADOS | | CONDICIÓN ÓPTIMA DEL PARÁMETRO | |
| Densidad de corriente, TRH, distancia entre electrodos, material de electrodo y pH | | Densidad de corriente 57.2 A/m ² , tiempo de retención hidráulica ÓPTIMA es de 50 minutos, el material de electrodo hierro, La distancia de 2 cm entre electrodos, se determinó el valor de PH igual a 10. | |
| REMOCIÓN DE CONTAMINANTES | CONCENTRACIÓN INICIAL | CONCENTRACIÓN FINAL | PARÁMETROS DE MAYOR INFLUENCIA |
| SST | 613 mgL | 30.2 mgL | Densidad de corriente, TRH, distancia entre electrodos y pH |
| turbidez | 743 NTU | 35.7 NTU | |
| DQO | 1208 mgL | 893.7 mgL | |
| DBO5 | 479 mgL | 325.9 mgL | |
| Aceites y grasas | 116 mgL | 82.3 mgL | |
| pH | 10 | 8.6 | |
| SS | 14 mL/L/h | <0.01 mL/L/h | |
| temperatura | 30 °C | 26 °C | |