



Universidad **César Vallejo**

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Aplicación del Proceso Electro-Fenton en el Tratamiento de  
Aguas Residuales Industriales: Una Revisión Sistemática**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Ambiental

**AUTORES:**

Fernandez Inca, Mirtha Yovani (ORCID:0000-0003-2285-2733)

Quispe Machaca, Luis Joel (ORCID:0000-0003-0706-6339)

**ASESOR:**

Dr. Munive Cerrón, Rubén Víctor (ORCID: 0000-0001-8951-2499)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA-PERÚ

2021

## **Dedicatoria**

Dedico este trabajo de investigación mis padres que siempre estuvieron ahí apoyándome en cada etapa de mi vida y a mi hijo Nikola que es mi motor y motivo, a mi hermano Ardiles y mi esposo Jonathan por sus consejos y asesorías que fueron de mucha utilidad en toda mi etapa universitaria.

Fernandez Inca, Mirtha Yovani

## **Dedicatoria**

El presente trabajo de tesis está dedicado a mis padres Luis Quispe y Nelly Gutiérrez a la vez a mi esposa Katherine e hijos Adriano y Eliana, gracias por su apoyo constante quienes han puesto su confianza para alcanzar este objetivo.

Quispe Machaca, Luis Joel

## **Agradecimiento**

El principal agradecimiento a Dios quien nos ha guiado y dado la fortaleza para seguir adelante.

A nuestras familias por su comprensión y estímulo constante, además su apoyo incondicional a lo largo de nuestros estudios.

Y a todas las personas que de una u otra forma nos apoyaron en la realización de este trabajo.

## Índice de contenidos

Carátula .....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas .....	v
Índice de figuras.....	vi
Resumen .....	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	4
III. METODOLOGÍA .....	19
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	19
3.3. Escenario de estudio .....	19
3.4. Participantes .....	19
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	20
3.6. Procedimiento .....	20
3.7. Rigor científico .....	21
3.8. Método de análisis de datos .....	22
3.9. Aspectos éticos.....	22
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	23
4.1. Proceso de oxidación avanzada con método de electro-fenton.....	23
4.2. Proceso de electro-fenton con porcentaje de eficiencia .....	32
4.3. Proceso de electro-fenton con características físicas y químicas .....	39
4.4. Artículos científicos según sus características .....	43
4.5. Artículos científicos según base de datos .....	45
4.6. Artículos científicos según su ubicación geográfica.....	46
V. CONCLUSIONES .....	48
VI. RECOMENDACIONES.....	49
REFERENCIAS	
ANEXOS	

## Índice de tablas

Tabla 1: Características principales del agua residual.....	5
Tabla 2: Valores típicos de biodegradabilidad .....	8
Tabla 3: Potencial de oxidación de varios agentes oxidantes.....	10
Tabla 4: Antecedentes Nacionales e internacionales .....	15
Tabla 5: Proceso de oxidación avanzada de la utilización del proceso de Electro-fenton.....	23
Tabla 6: Eficiencia de Remoción de la utilización del proceso de Electro-fenton..	32
Tabla 7: Características físicas y químicas modificadas con la utilización del proceso de Electro-fenton .....	39
Tabla 8: Artículos Científicos por tipo de industrias investigadas .....	43
Tabla 9: Artículos Científicos por categoría.....	44
Tabla 10: Artículos Científicos por año de elaboración.....	45
Tabla 11: Artículos Científicos por año Repositorio académico.....	45
Tabla 12: Artículos Científicos por países .....	46
Tabla 13: Artículos Científicos por continente .....	46

## Índice de figuras

Figura 1: Niveles de tratamiento de Aguas residuales.....	7
Figura 2: Tipos de procesos de oxidación avanzada.....	9
Figura 3: Diagrama de proceso de fenton .....	11
Figura 4: Tipos de fenton para tratamiento de aguas residuales industriales .....	12
Figura 5: Diagrama de proceso de electro-fenton .....	13
Figura 6: Diagrama de flujo del procedimiento .....	21

## RESUMEN

El proceso Electro-Fenton es un método de tratamiento de aguas residuales el cual trabaja con una combinación de peróxido de hidrógeno y sulfato ferroso, a presión atmosférica, temperaturas que oscilan entre 20° C y 40° C, y, en condiciones ácidas. La presente revisión sistemática titulada “Aplicación del proceso Electro-Fenton en el tratamiento de aguas residuales industriales” tuvo el objetivo de describir la aplicación y efecto del proceso Electro-Fenton para el tratamiento de aguas residuales industriales, por lo cual se desarrolló una investigación bibliográfica basada en repositorios académicos de diversas revistas científicas, como Scielo, ScienceDirect y Scopus. Para la selección de los artículos científicos se aplicó diversos filtros a la búsqueda, como el año publicado, el idioma, no contar con duplicidad, investigaciones específicamente acerca de tratamiento de aguas residuales industriales. Las revistas obtenidas para el análisis fueron cuarenta (40), cinco de Scielo, uno de ScienceDirect y treinta y cuatro de Scopus, investigaciones de diferentes regiones del mundo. Concluyendo que las dosis implementadas en el proceso de los artículos científicos tuvieron diferentes cantidades, llegando a obtener resultados eficientes dentro de la magnitud del rango considerado, asimismo, investigaciones acerca del proceso Electro-Fenton es escasa en nuestro país.

**Palabras Clave:** Electro-Fenton, Aguas residuales industriales, eficiencia de remoción.

## ABSTRACT

The Electro-Fenton process is a wastewater treatment method which works with a combination of hydrogen peroxide and ferrous sulfate, atmospheric pressure, temperatures ranging between 20 °C and 40 °C, and in acidic conditions. The present systematic review entitled "Application of the Electro-Fenton process in the treatment of industrial wastewater" had the objective of describing the application and effect of the Electro-Fenton process for the treatment of industrial wastewater, for which a bibliographic investigation was developed based on academic repositories of various scientific journals, such as Scielo, ScienceDirect and Scopus. For the selection of scientific articles, various filters were applied to the search, such as the year published, the language, not having duplication, research specifically about the disposal of industrial wastewater. The journals obtained for the analysis were forty (40), five from Scielo, one from ScienceDirect and thirty-four from Scopus, research from different regions of the world. Concluding that the doses implemented in the process of the articles had different amounts, reaching efficient results within the magnitude of the range considered, likewise, research on the Electro-Fenton process is scarce in our country.

**Keywords:** Electro-Fenton, Industrial wastewater, removal efficiency.



## I. INTRODUCCIÓN

El crecimiento de las actividades económicas interrelacionadas a nivel mundial generó vertimientos de desechos contaminantes hacia el ecosistema, los cuales ocasionaron una degradación de los recursos hídricos (Mohd y Othman, 2019, p. 1-2). Cada año en el mundo se consume aproximadamente 3,928 km<sup>3</sup> de agua dulce, en donde el 44% es destinado principalmente a la agricultura y el 56% es liberado al medio ambiente como aguas residuales, dichas aguas fluyen a través de conductos de municipios que tienen bajo su responsabilidad las actividades de las personas y la actividad empresarial (ONU, 2017a, p. 2).

Las aguas residuales se caracterizaron porque sus componentes son alterados por diversas maneras, siendo necesario un tratamiento imprescindible para ser reutilizado (Organismo de evaluación y fiscalización ambiental [OEFA], 2014, p. 2 y 17). Según la ONU (2017b, p. 4) las aguas residuales están conformadas con un promedio de 99% de H<sub>2</sub>O y 1% de sólidos disueltos, coloidales y en suspensión. En donde las aguas residuales que no han sido tratadas pueden tener consecuencias nocivas para la salud humana, impactos negativos para el ambiente, y, efectos negativos en las actividades económicas.

En los países desarrollados tienen descontaminación de sus aguas servidas en un promedio del 70%, por otro lado, en los países considerados con ingresos medios descontaminan sus aguas en aproximadamente el 38%, mientras que los países con rentas bajas realizan el tratamiento solo en el 8% de sus aguas residuales municipales e industriales. (Sato et al., 2013).

Esta situación genera que las personas consideradas pobre y de extrema pobreza estén expuestas a las aguas servidas que no son descontaminadas de una manera adecuada, ello aunado a un entorno de carencia de los servicios fundamentales de saneamiento. Asimismo, los procesos no adecuados contribuyen de forma negativa al deterioro de las calidades de las aguas subterráneas y superficiales. (ONU, 2017a, p. 3).

En el Perú, aún se vierten alrededor de 809, 550,294 m<sup>3</sup> de aguas servidas a las redes de alcantarillado que son administrado por las empresas proveedoras de servicios (EPS), en donde dicha cifra a nivel Lima Metropolitana equivale el 52% con 438, 834,348 m<sup>3</sup>, de esta manera existen un total de 51 empresas prestadoras de servicios de saneamiento, en todo el territorio nacional. (OEFA, 2014, p. 18 y 20). Asimismo, el volumen anual de vertimientos de aguas residuales industriales autorizadas en el Perú en los años 2016, 2017 y 2019 fueron de 377, 424,193.2 m<sup>3</sup>, 199, 842,687 m<sup>3</sup> y 2, 001, 714,260.86 m<sup>3</sup> respectivamente. (MINAM, s.f.).

Existen diferentes tratamientos convencionales para descontaminar las aguas residuales, como la adsorción, filtración, biológico, coagulación, etc., que según Khare et al. (2021) son poco útiles para eliminar estos contaminantes. Por otro lado, están los procesos científicos para la descontaminación de aguas servidas como el proceso Fenton, el cual es un proceso de oxidación avanzada, que es eficiente para tratar contaminantes orgánicos recalcitrantes mediante el poder oxidativo de los radicales hidroxilos ( $\bullet\text{OH}$ ) formados por la reacción del peróxido de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) con los iones ferrosos ( $\text{Fe}^{2+}$ ) (Gligorovski et al., 2015).

En el presente estudio se toma en cuenta el proceso Electro-Fenton que comprende el electro generación del reactivo de fenton (sulfato ferroso) junto con el peróxido de hidrógeno y a presión atmosférica, que se producen en la superficie del electrodo y estos degradan a los agentes contaminantes en el denominado seno del medio acuoso.

Ante dicha situación se plasmó el **problema general**: ¿Cómo la aplicación del proceso Electro-Fenton influye en el tratamiento de aguas residuales industriales?, y, los **problemas específicos** son: ¿Cuáles son las dosis eficientes de  $\text{Fe}^{2+}$  y  $\text{H}_2\text{O}_2$  en el proceso de Electro-Fenton para el tratamiento de aguas residuales industriales?, ¿Cuáles son los diferentes rangos de eficiencia de remoción de contaminantes en las aguas residuales industriales mediante el proceso Electro-fenton? y ¿Cómo se modificaron las características físicas y químicas de las aguas residuales industriales durante el proceso de Electro-fenton?

Este estudio se justifica debido a que brinda un aporte teórico de los procesos Electro-Fenton, así como sus principales aportes para el proceso de descontaminación de aguas residuales en diferentes sectores de las industrias; con lo cual se pretende masificar la investigación científica nacional de este proceso y el uso de esta metodología alternativa para de remoción de contaminantes, y con ello contribuir a una gestión favorable y amigable con el medio ambiente de las aguas residuales industriales.

Por ello, la presente investigación planteó el siguiente **objetivo general**: Estudiar como el proceso Electro-Fenton influye en el tratamiento de aguas residuales industriales; teniendo como **objetivos específicos**: Analizar las dosis eficientes de  $\text{Fe}^{2+}$  y  $\text{H}_2\text{O}_2$  en el proceso de Electro-fenton para el tratamiento de aguas residuales industriales, Estudiar los diferentes niveles de eficiencia de remoción de contaminantes sobre aguas residuales industriales mediante el proceso Electro-fenton, Revisar las características físicas y químicas modificadas de las aguas residuales industriales durante el procesos Electro-fenton.

## II. MARCO TEÓRICO

El agua residual es aquel tipo de agua en la cual sus características primarias sufrieron modificaciones ocasionadas por el uso intensivo de la mano humana, generando una necesidad de tratamiento previo antes de volver a ser usadas o ser vertidas, ya que el hombre aporte a su contaminación tanto sólida como líquida. (Daughton, 2018, p. 749; Metcalf & Eddy, 1996, p. 132).

Lara (2011, p. 10) precisa los diferentes tipos de aguas residuales, según la procedente del propio uso, las cuales se señalan a continuación: a) Aguas residuales domésticas o sanitarias: Son generados en zonas urbanas, comerciales, públicas y similares. b) Aguas residuales industriales: Se le conocen como vertidos industriales en la cual su composición va depender de los procesos de manufactura de comestibles y bebidas, cada uno eliminará diferentes residuos, en la concentración de las trazas eliminadas. c) Filtración e ingresos no controlados: Son aquellas que ingresan directa e indirectamente en el sistema de saneamiento.

Metcalf & Eddy (1996, p.53) señala que las aguas residuales industriales son las que provienen de procesos de sectores dedicados a la industria, en la cual la composición química de sus características debido a la contaminación (ácidos, bases, iones metálicos, entre otros) es muy variable, ya que va a depender de las actividades industriales; por lo que, se hace necesario que este tipo de aguas servidas no pueda ser vertido en el alcantarillado público, sin antes ser tratados.

Para poder determinar el tratamiento efectivo de las aguas residuales, primero se debe estudiar sus características físicas, químicas y biológicas. Entre sus características físicas se tiene la temperatura, color, olor, sólidos totales; entre sus características químicas está la materia orgánica, materia inorgánica y gases; y, entre sus características biológicas esta las bacterias y algas, tal y como se describe en la tabla 1 (Metcalf & Eddy, 1996, p.53).

Tabla 1: Características principales del agua residual.

Características Físicas	
Temperatura	Generalmente la temperatura de las aguas residuales es de mayor magnitud al agua que se abastece al consumo público.
Color	El color del agua residual indica la edad, ya que un color gris señala que es reciente, y si pasa a un color negro, ya se transformó a un agua séptica.
Olor	El olor de un agua residual reciente tiene un olor desagradable y de agua séptica es mucho menos tolerable.
Solidos Totales	Solidos de distintos tamaños y formas, las cuales algunos pueden suelen ser filtrables.
Características Químicas	
Materia Orgánica	Este tipo de aguas presentan agentes biodegradables, como grasas, proteínas, carbohidratos, y aceites que se origina de los alimentos vertidos y/o de la orina y heces de seres humanos.
Materia Inorgánica	Presenta agentes no biodegradables como sólidos de obtenidos de minerales, como son sales, lodos, arcillas, lodos, gravas y arenas.
Gases	Se encuentra gases como Oxígeno disuelto, sulfuro de hidrogeno y metano.
Características Biológicas	
Bacterias	Presenta una función fundamental en la descomposición y estabilización de la materia orgánica que presenta las aguas residuales.
Algas	Contribuye al proceso de estabilización de la materia orgánica que se observa en las aguas residuales.

Fuente: Metcalf & Eddy (1996), Elaboración propia.

Raffo y Ruiz (2014, p. 74) señala que las aguas servidas provenientes del sector industrial se clasifican en función a sus vertidos: 1) Industrias con efluentes fundamentalmente orgánicos, como los mataderos, papeleras, azucareras, entre otros. 2) Industrias con efluentes inorgánicos y orgánicos, como las petroquímicas y refinerías. 3) Sector industrial con efluentes fundamentalmente no orgánicos, como las explotaciones mineras. 4) Sector industrial con afluentes con materia en suspensión, como el lavado de carbón, mineral, corte y pulido de mármol.

Arias et al. (2021) precisa que existen diversas tecnologías convencionales para realizar el tratamiento hacia las aguas residuales industriales, Con el pre tratamiento primario del agua servida se pretende disminuir los sólidos suspendidos, sedimentables, flotantes y coloidales; en los tratamientos secundarios se pretende reducir el lecho bacteriano, lodos activados, filtros verdes, entre otros; en los tratamientos avanzados o terciarios se conocen la ósmosis indirecta, coagulación, destilación, adsorción, etc. Los últimos ocasionan altos costos para la construcción, operación y mantenimiento.

Larios-Meño et al. (2015, p.13) señala que, en función al grado de contaminación del agua, es que se requiere diferentes niveles y procesos de descontaminación del agua, siendo los pasos básicos, como se aprecia en la Figura 1: a. Pre tratamiento: eliminación Física de objetos grandes; b. Deposición primaria: sedimentación por gravedad de las partículas sólidas y contaminantes adheridos; c. Tratamiento secundario: digestión biológica usando lodos activados; d. Tratamiento terciario: es el tratamiento químico.

En el pre tratamiento, el objetivo es la suprimir objetos gruesos, así como arenas y grasas, donde las maniobras básicas son el desbaste, desarenado y desengrasado. En el tratamiento primario, el objetivo es la supresión de materia sedimentable y flotante, con operaciones como la decantación primeria, tratamientos físico-químicos. En el tratamiento secundario el objetivo es la supresión de materia orgánica coloidal, con operaciones como degradación bacteriana y decantación secundaria. En el tratamiento terciario, el objetivo es la supresión de sólidos que están en suspensión, materias orgánicas residuales, nutrientes y patógenas, con

operaciones como la desinfección, filtración y floculación. (Larios-Meño et al., 2015, p.13; Centro de las Nuevas Tecnologías de Agua de Sevilla, 2008).

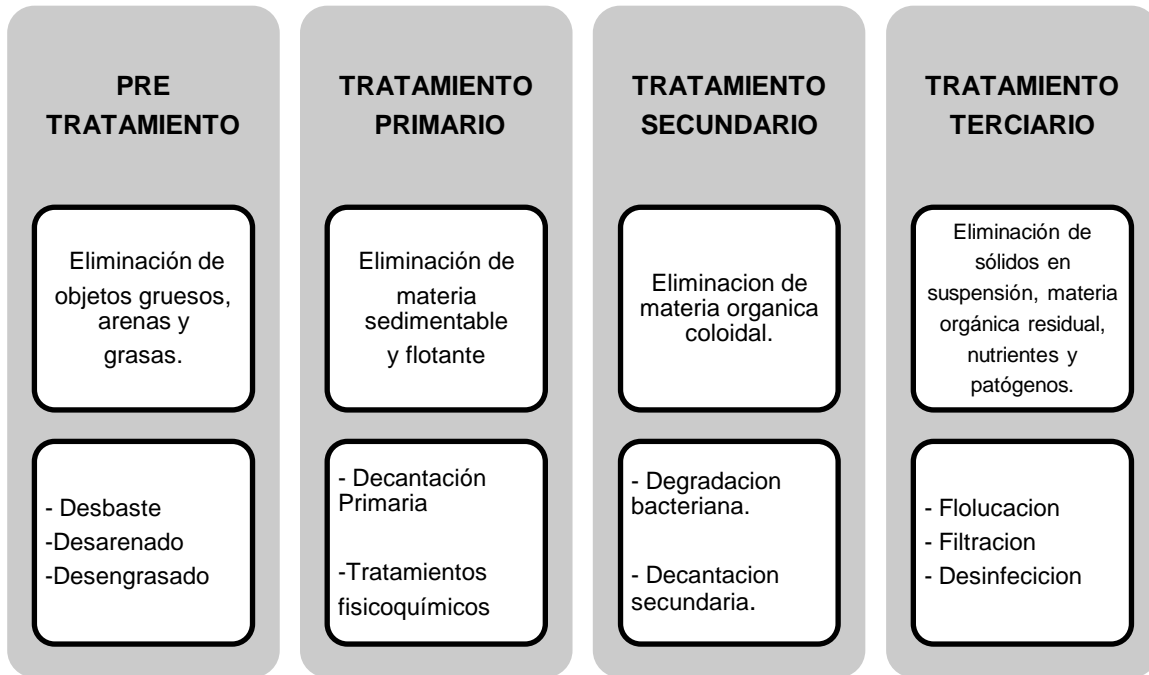


Figura 1: Niveles de tratamiento de Aguas residuales  
Fuente: Centro de las Nuevas Tecnologías de Agua de Sevilla (2008).

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) es un parámetro que cuantifica la cantidad de oxígeno necesario que una muestra microbiana heterogénea necesita para que pueda estabilizar la materia orgánica biodegradable que se muestra en las aguas residuales. Por otro lado, la demanda química del oxígeno (DQO) es otro parámetro que cuantifica la cantidad de oxígeno necesario para poder oxidar la materia orgánica, ello a través de procesos químicos (Raffo y Ruiz, 2014, p. 76). La relación entre el DBO y DQO precisa la biodegradabilidad de las aguas residuales, como se aprecia en la tabla 2.

Tabla 2: Valores típicos de biodegradabilidad.

Rango de Valores que toma la relación BDO y DQO	
> 0.4	Aguas muy biodegradables
0.2 – 0.4	Aguas biodegradables
> 0.2	Aguas pocos biodegradables

Fuente: Centro de las Nuevas Tecnologías de Agua de Sevilla (2008)

Las opciones que existen para el tratamiento de las aguas que contienen contaminantes se tiene entre ellos a los procesos de oxidación avanzada (POA) que podrían ser acompañados de productos orgánicos recalcitrantes y ser unos de los más utilizados. Mencionados en su momento como procesos que intervienen los denominados radicales hidroxilos (OH) en cantidades óptimas que son para la purificación del agua, siendo útiles como agentes oxidantes. (Glaze et al., 1987, citado por Rodríguez y Barrera, 2020. p. 15) De esta manera estos es que estos procesos producen elementos que son reactivos y oxidantes durante el tratamiento para la mineralización de compuestos orgánicos recalcitrantes o refractarios, subproductos de desinfección y patógenos del agua (Esplugas et al, 2002, p. 1034; Pera-Titus et al, 2004, p. 219; Loddo et al, 2018, p. 2, citado por Medica, 2021, p. 13).

En la figura 2 se observa los procesos de oxidación avanzada según existe hasta la actualidad. Entre las más destacadas y eficaces que se utilizan para desintoxicar los contaminantes generados en las aguas residuales industriales es la fotocatalisis, produciendo una reacción química incitada por la absorción de fotones en el material sólido denominado foto catalizador y que se realiza al transferir los contaminantes a la superficie del foto catalizador, se adsorbe los contaminantes en la superficie, luego se realiza la desorción (la sustancia se libera desde o a través de una superficie) del producto, se activa la fotónica y se descompone las moléculas adsorbidas, se elimina los productos de reacción de la superficie del catalizador. (Pathania et al., 2020, p. 167; Ohtani, 2011, p. 397; Rueda-Márquez et al., 2020, p. 6).



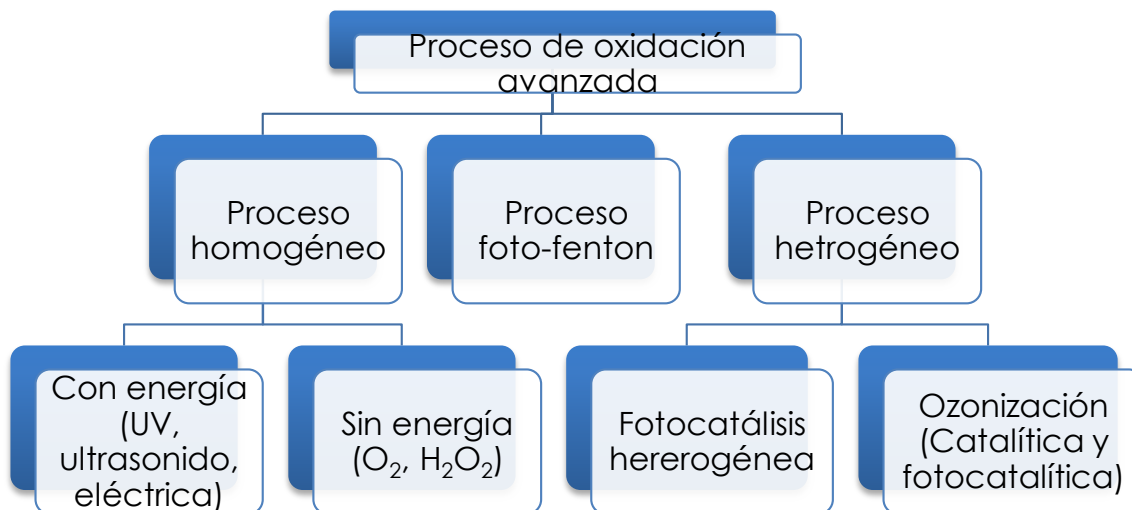


Figura 2: Tipos de procesos de oxidación avanzada

Fuente: Khan y Pathak (2020).

Otro entre los más eficientes se tiene a la fotocatalisis heterogénea que utiliza catalizadores (semiconductores) al transformar múltiples contaminantes tóxicos que son difícil de degradar en compuestos biodegradables para su posterior mineralización en dióxido de carbono y agua (Turchi & Ollis, 1990, p. 178), de esta manera la fotocatalisis heterogénea presentan dos fases como el catalizador en fase sólida y los contaminantes en fase acuosa, requiriendo de una fuente de luz como la radiación UV para reaccionar al redox y su posterior degradación, entre ellos se tiene catalizadores como  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{ZnS}$  y  $\text{CdS}$ . (Ibhadon & Fitzpatrick, 2013, p. 193; Fujishima, Zhang, & Tryk, 2007, p. 2664).

Algún compuesto en el POA pocas veces puede no lograr oxidarse en su totalidad, pudiendo ser oxidación parcial para el tratamiento biológico subsecuente al intentar disminuir la toxicidad. En donde las mediciones de la degradación se dan como: degradación primaria, donde el compuesto cambia estructuralmente; otro como desactivación, donde al cambio estructural del compuesto se da hasta disminuir el grado de toxicidad; luego la mineralización, se refiere a la conversión del carbono orgánico  $\text{CO}_2$ , y por degradación inaceptable, al cambiar de forma estructural el compuesto y se incrementa el grado de toxicidad. En la tabla 3 se aprecia el

potencial de oxidación de diferentes elementos y compuestos oxidantes. (Metcalf y Eddy, 2004, p. 40).

Tabla 3: Potencial de oxidación de varios agentes oxidantes.

Agente oxidante	Potencial de oxidación electroquímico (POE), V	POE relativo al cloro
Flúor	3.06	2.25
Radical hidroxilo	2.80	2.05
Oxígeno (atómico)	2.42	1.78
Ozono	2.08	1.52
Peróxido de hidrógeno	1.78	1.30
Hipoclorito	1.49	1.10
Cloro	1.36	1.00
Dióxido de cloro	1.27	0.93
Oxígeno (molecular)	1.23	0.90

Fuente: Metcalf y Eddy (2004).

Así mismo durante el proceso del fenton ( $\text{Fe}^{2+} + \text{H}_2\text{O}_2$ ) para la descontaminación de aguas servidas del sector industrial, son múltiples trabajos de investigación al utilizar esta tecnología. De esta manera al detallar este proceso entre los más utilizados, adecuados y efectivos es imprescindible para la disminución de contaminantes orgánicos. Este procedimiento se da generalmente para la degradación de elementos y compuestos orgánicos de reducida biodegradabilidad ante reacciones de sales de peróxido de hidrógeno y fierro. Se entiende que los procesos de oxidación avanzada como elección óptima sigue siendo la más eficaz para el tratamiento de efluentes o aguas servidas en esta ocasión por las sustancias tóxicas o recalcitrantes. (Zhang, et al., 2019, p. 1; Ledezma, et al., 2012, p. 42; Chiva, et al., 2017, p. 10-11).

En el proceso de Fenton se generan los radicales hidroxilos (OH) al reaccionar el peróxido de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) junto a los iones ferrosos ( $\text{Fe}^{2+}$ ), donde se actúa como catalizador bajo condiciones ácidas, como establece en la siguiente ecuación y la Figura 3. (Tezcan et al., 2015, p. 415; Casado, 2018, p. 1).

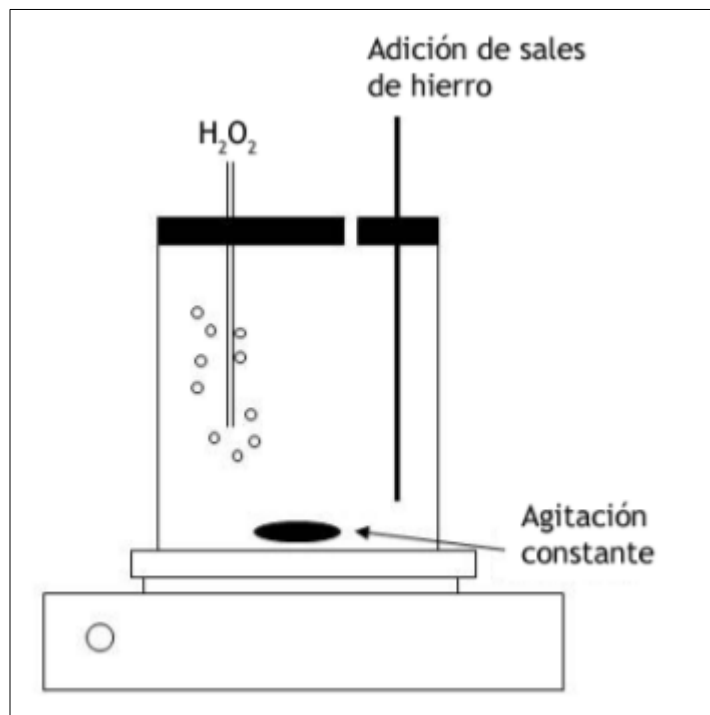
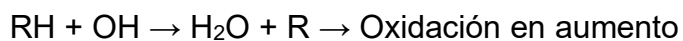


Figura 3: Diagrama de proceso de fenton  
Fuente: Barrera (2014).

De esta manera los radicales hidroxilos pueden realizar oxidación a los elementos orgánicos (RH) a través de la abstracción de protones, los cuales generan radicales orgánicos (R), siendo estos muy reactivos que podrían auto oxidarse de forma progresiva cada vez más, que se representa en la siguiente ecuación. (Venkatadri y Peters, 1993, p. 109; Lin y Lo, 1997, p. 2051).



Las principales y variedades del fenton que se aplican a los efluentes o aguas residuales industriales se muestran en la Figura 4.



Figura 4: Tipos de fenton para tratamiento de aguas residuales industriales  
Fuente: Curo y Mendoza (2020).

En el proceso de electro-fenton el ion  $\text{Fe}^{2+}$  y el  $\text{H}_2\text{O}_2$  son electrogenerados, produciendo radicales  $\text{OH}$  e iones  $\text{Fe}^{3+}$  en donde se sitúa el  $\text{H}_2\text{O}_2$  en el cátodo o en la parte externa de la segregación; y la generación de  $\text{Fe}^{2+}$  se sitúa en el ánodo de sacrificio, como se muestra en las siguientes ecuaciones y en la Figura 5. (Qiu et al., 2015, p. 51; Oturan et al., 2010, p. 10605).

Situación en el cátodo:  $O_2 + 2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2O_2$

Situación en el ánodo:  $Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e^-$

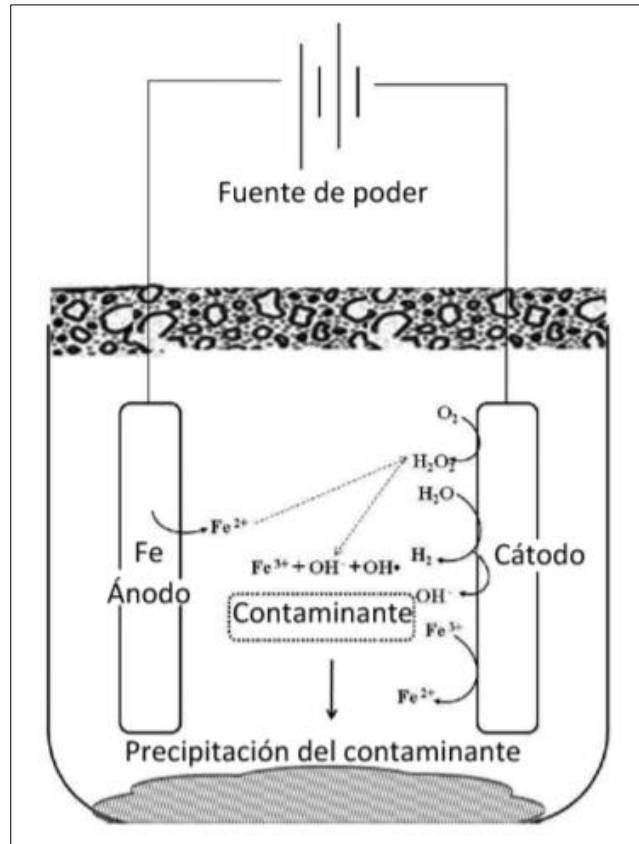


Figura 5: Diagrama de proceso de electro-fenton  
Fuente: Barrera (2014).

El proceso EF está clasificado en cuatro categorías según se añada o forme el reactivo:

- Electro-fenton de cátodo (EF  $H_2O_2$ ) donde se añade  $Fe^{2+}$  y el  $H_2O_2$  se genera cuando se reduce de forma electroquímica de  $O_2$  en el cátodo, evitando el manejo, transporte y almacenamiento de  $H_2O_2$ .
- Electro-fenton de ánodo de sacrificio (EF-Feox) donde el  $Fe^{2+}$  es producido por el sacrificio del ánodo y se agrega el  $H_2O_2$ , sin embargo, se asienta

regular cantidad de hierro en los lodos residuales y el consumo es demasiado en el ánodo.

- Electro-fenton cíclico  $\text{Fe}^{2+}$  (EF-Fere) donde se añade  $\text{Fe}^{2+}$  junto con el  $\text{H}_2\text{O}_2$ , sin embargo, el  $\text{Fe}^{3+}$  que se produce durante la reacción se reduce a  $\text{Fe}^{2+}$  por acción del cátodo.
- Electro-fenton de cátodo+ cíclico  $\text{Fe}^{2+}$  (EF- $\text{H}_2\text{O}_2$  - Fere) en donde el  $\text{H}_2\text{O}_2$  es generado por la reducción de  $\text{O}_2$  en el cátodo y se genera  $\text{Fe}^{2+}$  por la reducción de  $\text{Fe}^{3+}$ . (Zhang et al., 2019, pp. 115).

Así mismo en el proceso de EF eficiente se toma en cuenta los parámetros considerados principales y de mayor influencia como el pH, densidad de corriente, temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), tiempo y los componentes ya descritos como  $\text{H}_2\text{O}_2$ ,  $\text{Fe}^{2+}$  y el  $\text{O}_2$ .

A continuación, se describieron algunos antecedentes relacionados al uso del proceso Electro -Fenton, obtenidos de artículos científicos.

Tabla 4: Antecedentes Nacionales e internacionales.

Proceso	Metodología	Resultados	Autor(es)
Electro-Fenton	Se realizó el procedimiento secuencial de coagulación química seguida de los procesos avanzados de oxidación mediante el proceso de Fenton ( $H_2O_2/Fe^{2+}$ ) intensificados con radiación de ondas de ultrasonido (US) de baja frecuencia, mediante diseño de experimentos de superficie de respuesta Box-Behnken.	Bajo óptimas condiciones de operación, el proceso de pre tratamiento acoplado con el proceso US/ $H_2O_2/Fe^{2+}$ removi6 la DQO con una eficiencia de 82%, y mediante el proceso US/UV/ $H_2O_2/Fe^{2+}$ , la eficiencia alcanz6 95%. Por otro lado, el uso de ondas de ultrasonido incrementa la eficiencia del proceso alrededor de 10%.	GILPAVAS, Edison, ARBELÁEZ, Paula, MEDINA, José, GOMEZ, Carlos (2018)
Electro - Fenton	El proceso directo de oxidación fue electroquímica mediante el uso de un electrodo de óxido de metal mixto de rutenio (Ru-MMO) y Electro-Fenton y la electrocoagulación mediante el uso de electrodo de hierro. Señalando los resultados de cada método.	La eliminación completa de fenol y DQO se logró en casi todos los métodos electroquímicos, exceptuando el proceso de electrocoagulación, siempre que se prolong6 el tiempo de electrólisis. En el proceso de electro-fenton, se evidenci6 la eliminación de fenol del 98,74%, el cual se logró en 6 min de electrólisis, y, la eliminación de DQO del 75,71% se alcanz6 después de 9 min de electrólisis.	SUSUF, Savas & ULKER, Ogutveren (2010)

Electro - Fenton	<p>La revisión crítica fue actualizada de los avances hacia la plena explotación de diversas tecnologías Electro-Fenton para la descontaminación de aguas residuales industriales: Electro-Fenton, Photoelectro-Fenton, Peroxi-coagulación y Sonoelectro-Fenton.</p>	<p>Los procesos fueron eficientes para proveer cátodos eficientes para la electrogeneración de <math>H_2O_2</math>, catálisis heterogénea, y solucionó el problema del pH y el problema de los lodos de hierro. Los aspectos económicos y los desafíos de ingeniería superaron para alcanzar el objetivo de tratamiento de aguas residuales.</p>	CASADO, Juan (2019)
Electro-Fenton	<p>Se comparó el tratamiento electroquímico de aguas residuales por Electro-Fenton Foto-Electro-Fenton, Electro-Fenton presurizado y Foto- Electro-Fenton presurizado.</p>	<p>El proceso de electro-fenton logró reducir relativamente las concentraciones de los orgánicos debido a las reacciones parasitarias como <math>H_2</math> y reducción catódica. La utilización de PEF en lugar de EF permitió incrementar la disminución de la concentración orgánica.</p>	Ma, P., Prestigiacomo, C., Proietto, F., Galia, A., Scialdone, O. (2021)
Electro-Fenton	<p>Se comparó los resultados del Electro-Fenton combinado con el biorreactor de proceso y membrana al tratar los lixiviados de vertederos.</p>	<p>La alta concentración de biomasa en combinación con el efecto de filtración aumenta la concentración de la concentración real de sustrato en el biorreactor, aumentando su disponibilidad y acelerando la biodegradación. El rendimiento de MBR se explica por la presencia de bacterias dispersas siendo ventajosas en la competencia de la población en general. Se trata las aguas residuales</p>	Nivya T K, Minimol Pieus T. (2015)



		sintéticas mediante proceso Electro Fenton.	
Electro – Fenton	Se usó un filtro de grafito compuesto modificado con metal de transición como cátodo en el proceso de Electro-Fenton heterogéneo para la degradación del naranja de metilo.	Se mejoró la acumulación de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> y la eficiencia de degradación del MO. A pH 3, obteniendo un 99% de eficiencia de degradación de naranja de metilo usando GF-Co después de 120 min de tratamiento.	LIANG, Yu, YIRAN, Mengmeng & MINGHUA, Zhou (2017)
Electro - Fenton	Se usó el estudio de varianza (ANOVA) para determinar la importancia relativa de los parámetros del proceso en el proceso de eliminación de agentes contaminantes, como el DQO y TSS de las aguas residuales.	El tiempo óptimo del proceso fue de 5,0 min, pH 3,31, densidad de corriente 53,72 mA/cm <sup>2</sup> , dosis de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 0,14 g/L, y tiempo de reacción de 5,45 min; observándose eficiencias de eliminación de TSS de 88% y de DQO cd 87.3%. y TSS. 97%.	VARANK, Gamze, GUVENC, Senem, GURBUZ, Gokhan & ENGIN, Guleda (2016)
FENTON Y FOTO-FENTON	Los experimentos de degradación se realizaron en un reactor discontinuo fotoquímico que es agitado magnéticamente. Se utilizó 30% en masa para el peróxido de hidrógeno. Se obtuvo 99% de pureza de sulfato ferroso. Disueltos en ácido sulfúrico. Se utilizó 99,6% de pureza del fenol. Se utilizó hidróxido de sodio al 99% de pureza.	El proceso foto-fenton redujo el contaminante hasta 9 puntos porcentuales más que el proceso fenton. Las degradaciones variaron del 85,3% a 96,4% en el proceso fenton y de 91,3% a 99,7% para el método foto-fenton. En el proceso fenton se obtuvo concentración de sulfato ferroso de 5.5 y en el proceso foto-fenton de 6.0. En el proceso fenton se obtuvo concentración de	BLAS, H., LOPES, G., SILVA, A., FLORES, C. y PANTOJA, P. (2017)

Electro - Fenton	Evaluaron los procesos sucesivos de electro oxidación (EO) y Electro-Fenton (EF) que se llevarán a cabo en un reactor electrolítico discontinuo utilizando electrodos de grafito (Gr) y acero inoxidable (Ss).	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> de 3.0 y en el proceso foto-fenton de 2.4.	Las eficiencias de eliminación de PFPW pretratadas aumentó gradualmente del 44% al 60% para DQO y de 47% a 55% para TOC a 25 min cuando la corriente la densidad se incrementó de 0,1 a 10 mA / cm <sup>2</sup> . Las eficiencias de remoción se incrementaron al 75% para DQO y 59% para TOC.	AKYOL, A., SAMUK, B., KOBYA, M., DEMIRBAS, E. (2019)
Electro - Fenton	La investigación trato de purificar el agua coloreada que contiene cristal violeta mediante un proceso de electro-fenton y electrodos de malla de acero. Todos los regentes y métodos se prepararon a partir de métodos analíticos graduados y estándar.	La mejor degradación del tinte se produce en pH ácido (pH3), tiempo de contacto de 5 minutos, concentración inicial de violeta cristal 50 mg / l, aplicado corriente 0,8 A y un nivel de electrolito de aproximadamente 0,1 g / L de NaCl. Se causó que una corriente eléctrica más alta y pH más bajos generaran la mayor cantidad de radical oxidativo y la regeneración de Fe <sup>2+</sup> .	FATTAHI, H., KARIMI, H., AMIRI, S., (...), HOSSINI, H., MUSTAFA, Y.T. (2020)	

Fuente: Elaboración propia.

### **III. METODOLOGÍA**

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

Siguiendo los parámetros de Hernández et al. (2014, p. 320) se determinó que el presente trabajo de investigación fue de tipo aplicada, debido a que se busca resolver los problemas que emanan de las aguas residuales industriales a través del método Electro-Fenton en el tratamiento de las mismas.

Asimismo, el estudio tuvo un enfoque cualitativo, de tipo narrativo de tópicos, ya que busco recopilar datos, documentos y artículos, para analizar, sistematizar y describir, sobre un asunto específico, siguiendo un diseño preestablecido (Hernández, et al., 2014, p.469).

#### **3.2. Escenario de estudio**

En la presente investigación no se cuenta con un escenario de estudio, porque no se contó con el entorno físico durante el procedimiento de la investigación, al tratarse de una revisión bibliográfica, será una revisión de todos los artículos científicos acerca del proceso de Electro-Fenton que se aplican en el tratamiento de aguas residuales industriales a nivel nacional e internacional.

#### **3.3. Participantes**

Para la presente investigación se recurrió al uso de publicaciones científicas, artículos de revisión, artículos bibliográficos, investigaciones de pregrado y postgrado, y libros especializados, que cuentan con su respectivo Número Internacional Normalizado de publicaciones Seriadas (ISNN), la cuales fueron obtenidas de Scopus, Scielo y ScienceDirect. Donde se buscó la información con palabras claves de acuerdo al tema de investigación.

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

En la presente investigación se utilizó la técnica de la recolección de información, así como el análisis documental, el cual, según Hernández et al. (2014, p. 415), permite extraer información científica y analizarla que servirá como base para la investigación.

Como instrumento de recolección de datos se elaboró una ficha bibliográfica, el cual muestra la siguiente información: título, año de publicación, revista indexada, autor, área geográfica, categoría, tipo de documento, objetivo, método, resultados, conclusiones.

### **3.5. Procedimiento**

La búsqueda sistemática de la información se desarrolló mediante un muestreo de artículos científicos a través de palabras claves en diversas plataformas de repositorio de revistas indexadas. Las palabras claves que se usaron referente al contexto de la investigación se realizó en idiomas de inglés y en español: Electro-Fenton, aguas residuales industriales, oxidación avanzada, eficiencia de remoción, las cuales se investigaron en las siguientes bases de datos: Scopus, Scielo y ScienceDirect.

Al realizarse la búsqueda de los artículos científicos se procedió a descartar en un primer filtro; comprobando que los documentos conciernen a revistas científicas indexadas. Posteriormente se realizó un segundo filtro que consistió que los artículos sean de publicación desde el año 2015 de antigüedad hasta el presente año, así como debiendo ser de acceso libre. Finalmente, el siguiente filtro que se realizó, radicaba que los artículos debían ser aplicados en las características de la presente investigación, así como de la comprobación de no existir repeticiones entre la base de datos.

De esa manera los artículos científicos pasaron por tres filtros y se analizó la información con ayuda de instrumentos de recopilación de datos.

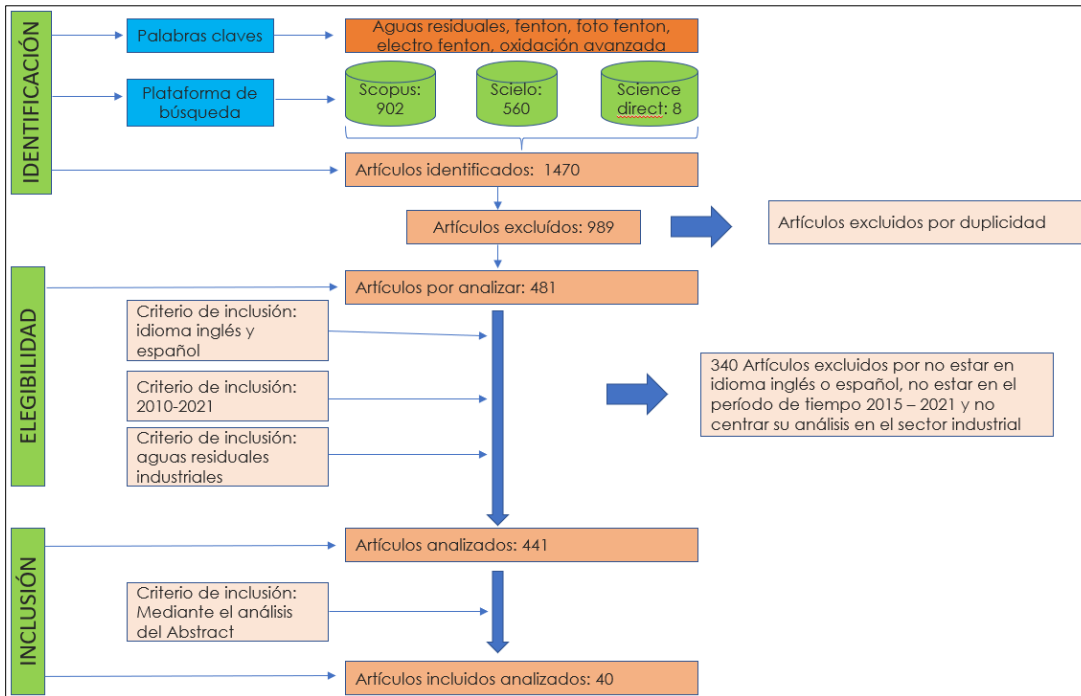


Figura 6: Diagrama de flujo del procedimiento  
Fuente: Elaboración propia.

### 3.6. Rigor científico

El proceso de elaboración de la presente investigación cumple con el rigor científico ya que presenta los criterios básicos como la credibilidad, veracidad y transferibilidad en la totalidad del escrito.

Según Valera y Vives (2016, p. 195) precisan que la credibilidad consta en dar valor a situaciones de las investigaciones, siendo esencial los argumentos fiables, los cuales son demostrados en los resultados. Asimismo, la veracidad, señala que las conclusiones son confirmadas por investigadores externos, sin restar a la subjetividad y criterio del investigador. Por otro lado, la transferibilidad, proporciona la virtud de ampliar los resultados del estudio a otras poblaciones de contextos similares, respetando las particularidades.

### **3.7. Método de análisis de datos**

El análisis de la presente investigación se realizó según los artículos revisados, así como se describe la aplicación del proceso Electro-Fenton en el tratamiento de aguas residuales, los cuales serán obtenidos de acuerdo a las palabras claves para obtener la información relevante.

Se utilizaron las categorías como criterios de agrupación, como procesos de oxidación avanzada, eficiencia de remoción y parámetros reducidos, luego se analizarán de acuerdo a la procedencia de la investigación, país y continente y año de publicación.

### **3.8. Aspectos éticos**

Para la presente investigación se tuvo en cuenta los principios éticos relevantes tales como el respeto, la justicia y el beneficio; de los cuales se despliegan diferentes temáticas primordiales al momento de investigar, asimismo, se tomó en cuenta las políticas de la universidad y el Manual de referencias ISO 690 y 690-2, respetando así los derechos de autor, de tal manera que se evitó afectar la credibilidad de los resultados, haciendo factible el desarrollo, el cual contó con los recursos necesarios.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Proceso de oxidación avanzada con método de electro-fenton

Tabla 5: Proceso de oxidación avanzada de la utilización del proceso de Electro-fenton.

Categoría	Título	Autor	Objetivos	Proceso de oxidación
Proceso de oxidación avanzada	Condiciones óptimas para oxidar fenol en agua vía los procesos Fenton y Foto-Fenton.	H. A. Blas López, G. H. Lopesa, A. C. Silva Costa, Teixeira, C. E. Flores Barreda, P. A. Pantoja	Analizar la relación del fenton, electro-fenton y foto-fenton con el fenol bajo condiciones óptimas.	Tipo de reacción: Fenton, Electro-Fenton y Foto-Fenton  Dosis de Fe <sup>2+</sup> : Electro-Fenton (5.5 mol) y Foto-Fenton (6.0 mol)  Dosis de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> : Electro-Fenton (3.0 mol) y Foto-Fenton (2.4 mol)
	Tratamiento electroquímico de una emulsión acuosa de ácido palmítico empleando un electrodo de fieltro	Ángel G. Castro, Maynard J. Kon	Controlar de forma electroquímica la cantidad del agente coagulante a través del uso de ánodos de fieltro gráfico recubiertos con hierro y catalizar el proceso Electro-Fenton.	Tipo de reacción: Electro-Fenton  Dosis de Fe <sup>2+</sup> : 5 mol  Dosis de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> : 5 mol

grafítico modificado con hierro.			
Optimización de la remoción de compuestos orgánicos persistentes mediante el proceso Foto-fenton.	César Gutiérrez, Alex Pilco	Aplicar la metodología de superficie de respuesta para evaluar la condición óptima experimental y remover los compuestos orgánicos del agua residual textil al usar reactor fotoquímico.	Tipo de reacción: Foto-Fenton  Dosis de Fe <sup>2+</sup> : 4  Dosis de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> : 3
Wastewater treatment of industrial loads with advanced oxidation in conventional systems.	Proaño, R.G.S., Gualoto, K.J.G.	Aplicar el proceso de oxidación avanzada de fenton modificado en condiciones óptimas de reactivos FeSO <sub>4</sub> / H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> = 1 y C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>7</sub> / H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> =2 y aumentar el índice de biodegradabilidad a 0,46 y reducir la DBO5 y DQO en eficiencias de 12,54% y 44,4% respectivamente.	Tipo de reacción: Fenton  Dosis de Fe <sup>2+</sup> : 1  Dosis de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> : 10
Mechanochemically Sulfidated Zero Valent Iron as an Efficient Fenton-like Catalyst for Degradation of Organic Contaminants.	Huang, D., He, J., Gu, Y., He, F.	Aplicar el método fenton de hierro de valencia cero sulfurado mecano químicamente (S-ZVI) a partir de molienda de bolas de ZVI y polvo de azufre para la eliminación total de fenol normalizada del área superficial.	Tipo de reacción: Fenton  Dosis de Fe <sup>2+</sup> : 1  Dosis de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> : 2
Addition of lignin-derived phenols in fenton	Souza, J.L., Aguiar, A.	Evaluar la degradación de Pardo Bismarck Y, tinte diazo por	Tipo de reacción: Fenton



processes to increase degradation of the Diazo Dye Bismarck Brown.		procesos fenton, dicha evaluación fue mediante la decoloración del tinte en solución en presencia de seis FDL: ácidos ferúlicos, siríngico y vainillo, alcohol vanílico, siringaldehído y vainillina.	Dosis de Fe <sup>2+</sup> : 3  Dosis de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> : 6
Mechanistic study of the fenton and cupro-fenton reactions by voltammetric analysis in situ.	Friedrich, L.C., Zanta, C.L.P.S., Machulek, A., Quinab, F.H.	Analizar in situ las reacciones fenton y cupro-fenton mediante análisis voltamétrico.	Tipo de reacción: Fenton y cupo-Fenton  Dosis de Fe <sup>2+</sup> : 4  Dosis de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> : 5
Oxidation of benzo(a)pyrene in aqueous matrices by cobalt doped magnetite combined with hydrogen peroxide.	Biazati, L.B., Moreira, T.F.M., Neto, R.R., (...), Freitas, M.B.J.G., Lelis, M.F.F.	Estudiar la viabilidad de un proceso de degradación de benzo (a) pireno en matrices acuosas por oxidación con reactivo de Fenton y utilización de magnetitas puras y dopadas (con iones Co <sup>+2</sup> reemplazando algunos de los iones Fe <sup>2+</sup> ) y peróxido de hidrógeno.	Tipo de reacción: Fenton  Dosis de Fe <sup>2+</sup> : 4  Dosis de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> : 0.3
Distillery Wastewater Decontamination by the.	Augustine, Ayeni, Opeyemi A.	Evaluar el efecto del proceso de oxidación avanzada de Fenton al	Tipo de reacción: Fenton

Fenton Advanced Oxidation Method.	Adeeyo, Temitayo E. Oladimeji	tratar las aguas residuales industriales (destilería) y comparar los efectos de las cargas de Fe <sup>2+</sup> , las dosis de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (2% (v / v) y 4% (v / v)), el tiempo y temperatura de la reacción.	Dosis de Fe <sup>2+</sup> : 1,5
			Dosis de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> : 2
			Tipo de reacción: Electro-Fenton
Degradation of endosulfan by a coupled treatments in a batch reactor with three electrodes.	Rodriguez, M., Barrios J.A., Becerril-Bravo E., Rodrigo M.A., Barrera, C.E.	Comparar los resultados de los tres procesos de oxidación avanzados integrados: electro-fenton / electro oxidación / ozonización (EF / EO / O <sub>3</sub> ) a la degradación del endosulfán.	Dosis de Fe <sup>2+</sup> : 7
			Dosis de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> : 3.5032
			Tipo de reacción: Fenton, Foto-Fenton, Electro-Fenton, Ozo-Fenton Y Sono-Fenton
Fenton-based technologies as efficient advanced oxidation processes for microcystin-LR degradation.	Liang, D., Li, N., An, J., (...), Wu, Y., Liu, H.	Analizar la degradación de MC-LR mediante tecnologías basadas en Fenton (Fenton Convencional, Foto-Fenton, Electro-Fenton, Ozono-Fenton Y Sono-Fenton).	Dosis de Fe <sup>2+</sup> : Fenton (3.2) Y Foto-Fenton (4.5), Electro-Fenton (5.6), Sono-Fenton (4.0)

---

<p>High-precision and on-line measurement of dissolved organic matter in electro-fenton process based on dual wavelength analysis with combination of fluorescence emission and ultraviolet absorption spectroscopy.</p>	<p>Fu, Y., Li, W., Li, H., Huang, M.</p>	<p>Simplificar la complejidad del sistema de medición del proceso de Electro-Fenton, y, al mismo tiempo, superar el efecto de las interferencias que contienen hierro durante la medición.</p>	<p>Dosis de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>: fenton (3.86) y foto-fenton (3.67), electro-fenton (4.693), sono-fenton (3.751)</p>
<p>Advanced treatment of water contaminated with atrazine, difenoconazole and fipronil mixture, its by-products and bio-toxicity levels.</p>	<p>Inticher, J.J., Cabrera, L.C., Guimarães, R.E., (...), Seibert, D., Borba, F.H.</p>	<p>Proporcionar comprensión integral del potencial de aplicación del proceso PEF-BDD para el tratamiento eficiente de aguas superficiales y subterráneas contaminadas con pesticidas en una mezcla.</p>	<p>Tipo de reacción: Electro-Fenton Dosis de Fe<sup>2+</sup>: 4.96</p>
<p>Removal of caffeine from wastewater using electrochemical advanced</p>	<p>Raj, R., Tripathi, A., Das, S., Ghangrekar, M.M.</p>	<p>Estudiar los diferentes procesos de oxidación avanzada electroquímica (EAOP), a saber,</p>	<p>Dosis de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>: 3.512 Tipo de reacción: Electro-Fenton Dosis de Fe<sup>2+</sup>: 3.84 Dosis de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>: 3.975 Tipo de la reacción: Electro-Fenton</p>

---

oxidation process: A mini review.	el proceso de oxidación anódica (AO) y el proceso de Electro-Fenton (EF) como técnicas alternativas para la eliminación de alcaloide en las aguas residuales.	Cantidad de Fe <sup>2+</sup> : 4.6
		Cantidad de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> : 3.862
A novel bio-electro-Fenton process for eliminating sodium dodecyl sulphate from wastewater using dual chamber microbial fuel cell.	Sathe, S.M., Chakraborty, I., Sankar, V.R., (...), Dubey, B.K., Ghangrekar, M.M.	Desarrollar una porción de combustible microbiana bio-electro-Fenton (BEF-MFC) para degradar el dodecilsulfato de sodio (SDS) de los efluentes.
		Tipo de reacción: Electro-Fenton
		Cantidad de Fe <sup>2+</sup> : 5.2
		Cantidad de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> : 2.98
A review of recent advances in electrode materials for emerging bioelectrochemical systems: From biofilm-bearing anodes to specialized cathodes.	Mier, A.A., Olvera, H., Mejía, M., (...), Sebastian, P.J., Arias, D.M.	Examinar el avance en los materiales de los electrodos innovadores para BES procedentes.
		Reacción: electro-Fenton
		Cantidad de Fe <sup>2+</sup> : 4.56
		Cantidad de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> : 3.245

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 5, se muestra las revistas científicas que centraron su investigación en el proceso de oxidación avanzada, que se desarrolla en base a la reacción de dosis de peróxido de Hidrógeno ( $H_2O_2$ ) y los iones ferrosos ( $Fe^{2+}$ ).

En Sudamérica se encontró con ocho investigaciones, tres del Perú, cuatro de Brasil y uno de Ecuador: En el Perú tenemos a Blas et al. (2017) quien analizo procesos de Electro-Fenton con dosis de  $H_2O_2$  de 3.0 mol y dosis de  $Fe^{2+}$  de 5.5 mol, el cual se comparó con procesos de Foto Fenton con dosis de  $H_2O_2$  de 2.4 mol y dosis de  $Fe^{2+}$  de 6.0 mol, encontrando a los procesos Electro-Fenton como el más eficiente. Castro y Kon (2019) analizo el proceso Electro-Fenton con dosis de  $H_2O_2$  de 5 mol y dosis de  $Fe^{2+}$  de 5 mol. Asimismo, Cesar (2020) estudio el proceso Electro-Fenton con dosis de  $H_2O_2$  de 3 mol y dosis de  $Fe^{2+}$  de 4 mol, respectivamente. En Brasil, se evidencio a Souza y Aguiar (2017) quienes utilizaron dosis de  $H_2O_2$  de 6 mol y dosis de  $Fe^{2+}$  de 3 mol para estudiar el proceso de Electro-Fenton; a Friedich et al. (2017) que señalo dosis de  $H_2O_2$  de 5 mol y dosis de  $Fe^{2+}$  de 4 mol para un proceso de electro-fenton eficiente; a Inticher et al. (2021) quienes señalan dosis de  $H_2O_2$  de 3.975 mol y dosis de  $Fe^{2+}$  de 3.84 mol; y, finalmente, a Biazati et al. (2017) quienes precisaron que para un proceso Electro-Fenton más eficaz se utilizó dosis de  $H_2O_2$  de 0.3 mol y dosis de  $Fe^{2+}$  de 4 mol. Por otro lado, en Ecuador, Proaño y Gualoto (2018) señalaron dosis de  $H_2O_2$  de 10 mol y dosis de  $Fe^{2+}$  de 1 mol, para el proceso Electro-Fenton.

En Norteamérica, se evidenciaron dos artículos científicos que analizaron principalmente la dosis adecuada de dosis de peróxido de Hidrógeno ( $H_2O_2$ ) y de iones ferrosos ( $Fe^{2+}$ ). Ambas investigaciones se elaboraron en México; la primera de Rodríguez et al. (2020) quienes precisaron una dosis de  $H_2O_2$  de 3.5032 mol y dosis de  $Fe^{2+}$  de 7 mol; mientras que Mier et al. (2021) señalaron una dosis adecuada de  $H_2O_2$  de 3.245 mol y dosis de  $Fe^{2+}$  de 4.56 mol para el proceso Electro-Fenton.

En el continente africano, se llegó a encontrar un artículo científico de autoría de Augustine et al. (2015) quienes estipularon que una dosis adecuada para un

eficiente tratamiento de aguas residuales mediante el proceso de Electro-Fenton es de una dosis de  $\text{H}_2\text{O}_2$  de 2 mol y dosis de  $\text{Fe}^{2+}$  de 1,5 mol.

Finalmente, la región con más artículos científicos fue el continente asiático, con cinco documentos científicos, de los cuales dos países predominan, China e India. En la literatura China encontramos a Huang et al. (2017) quienes señalan que una dosis de  $\text{H}_2\text{O}_2$  de 2 mol y dosis de  $\text{Fe}^{2+}$  de 1 mol, es adecuado para el proceso Electro-Fenton pueda remover los agentes contaminantes; Liang et al. (2021) precisan que la dosis de  $\text{H}_2\text{O}_2$  de 4.693 mol y dosis de  $\text{Fe}^{2+}$  de 5.6 mol, serían los más adecuados comparados con otros procesos fenton; y, Fu et al. (2021) evidenciaron que la dosis de  $\text{H}_2\text{O}_2$  de 3.512 mol y dosis de  $\text{Fe}^{2+}$  de 4.96 mol serían las más adecuadas para la complejidad del sistema. Por otro lado, en India, Raj et al. (2021) y Sathe et al. (2021) precisaron las dosis adecuadas para los procesos Electro-Fenton. El primero precisó una dosis de  $\text{H}_2\text{O}_2$  de 3.862 mol y dosis de  $\text{Fe}^{2+}$  de 4.6 mol, mientras que el segundo, una dosis de  $\text{H}_2\text{O}_2$  de 2,98 mol y dosis de  $\text{Fe}^{2+}$  de 5.2 mol.

En una visión panorámica, se ha destacado en los artículos científicos que alguna adición de agente biológico ayuda a producir en considerable cantidad el  $\text{H}_2\text{O}_2$  (peróxido de hidrógeno) que fue aprovechado en el proceso, pues el material es entre los más económicos. Asimismo, se observa que la tecnología requerida para este proceso presenta altos costos operativos, llegando a ser en algunos casos una limitación.

La cantidad de dosis manejadas en los artículos ha mostrado un rango de variación promedio, el  $\text{Fe}^{2+}$  se encontraron de 1 – 7 de masa molar (mg); la pequeña dosis pertenece al artículo de Proaño et al. (2018) y la de mayor cantidad a Rodríguez et al. (2020), y de los mecanismos similares en el mismo laboratorio.

El  $\text{H}_2\text{O}_2$  utilizado en los artículos, variaron en promedio en el rango de 0.3 – 10 mol, la mínima dosis pertenece al artículo de Biazati et al. (2017) y la de mayor cantidad utilizada corresponde a Proaño et al. (2018). Asimismo, los artículos mostraron la forma porcentual empleada del  $\text{H}_2\text{O}_2$  aproximadamente de 2%, 3% y 4% en su

mayoría y los tiempos del proceso en ejecución fueron en promedio de 50 min a 80 min de acuerdo a la cantidad de las dosis.

Asimismo, los artículos mostraron la relación del  $\text{Fe}^{2+} / \text{H}_2\text{O}_2$  tuvo un rango entre 1 – 2 de masa molar en general, donde el electro-fenton es el proceso de oxidación avanzada utilizado considerado entre los óptimos reactivos. Las cifras determinadas degradaron los compuestos contaminantes en los efluentes de cada artículo, llegando a recomendar que para una mejor eficiencia de las dosis y/o elementos químicos, se tome en cuenta la optimización y consideraciones económicas que se utilice en el campo de estudio.

## 4.2. Proceso de electro-fenton con porcentaje de eficiencia

Tabla 6: Eficiencia de Remoción de la utilización del proceso de Electro-fenton.

Categoría	Rango de Eficiencia	Titulo	Autor	Región / País	Objetivo	Eficiencia
Eficiencia de Remoción	51% - 60%	Optimization of raw acrylic yarn dye wastewater treatment by electrochemical processes: Kinetic study and energy consumption	Ilhan, F., Ulucan, K., Dogan, C., Kurt, U.	Asia - Turquía	Examinar los métodos de electrocoagulación y Electro-Fenton en la decoloración de las aguas emanadas en los teñidos de hilos acrílicos.	53% de eficiencia, 70% de DQO, pH= 2,7.
		Treatment of reverse osmosis concentrate from industrial coal wastewater using an electro-peroxone process with a natural air diffusion electrode.	Jiao, Y., Liu, L., Zhang, Q., Zhou, M., Zhang, Y.	Asia-/ China	Analizar la eficiencia del tratamiento de EP, Electro-Fenton, electro oxidación (EO), peroxi-coagulación (PC) y ozonización en la remoción de carbono orgánico en su totalidad.	58% de eficiencia, 65% de DQO, pH =4.
	61% - 70%	Treatment of phenol formaldehyde production wastewater by electrooxidation-electro-fenton successive processes.	Akyol, A., Samuk, B., Kobyas, M., Demirbas, E.	Asia - Turquía	Evaluar los procesos de electro oxidación (EO) y Electro-Fenton (EF) en un reactor electrolítico discontinuo con electrodos de grafito (Gr) y acero inoxidable (Ss).	60% de eficiencia, 75% de DQO, pH = 3,1.
		Electrochemical Treatment of	Ma, P., Proietto, F.,	Europa - Italia	Analizar los resultados en el tratamiento electroquímico	69% de eficiencia,



	Wastewater by Electro-fenton, Photo-Electro-fenton, Pressurized-Electro-Fenton and Pressurized Photo Electro-fenton: A First Comparison of these Innovative Routes.	Galia, A., Scialdone, O.		de aguas servidas por medio de Electro-Fenton, foto-electro-fenton, electro-fenton presurizado y foto-electro-fenton presurizado.	80% de DQO, pH =3,2
	Preparation of Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /ZSM-5 system for use as catalyst in Electro-Fenton reaction.	De Oliveira, J.S., Drumm, F.C., Mazutti, M.A., Foletto, E.L., Jahn, S.L.	América del sur - Brasil	Analizar la elaboración de nanopartículas de óxido de hierro en zeolita ZSM-5 en el uso como catalizador y degradante de contaminantes orgánicos en solución acuosa mediante el proceso Electro-Fenton.	70% de eficiencia, 82% de DQO, pH =3,1
	Reúso en procesos de blanqueo textil de los efluentes provenientes de tinturas con colorantes reactivos negros decolorados mediante el método de Fenton.	Carmen L. Uribe, M. J. Caballero, P. Cárdenas, E.	América del sur - Perú	Remover impurezas y pigmentos naturales del sustrato al conferir una hidrofiliidad.	70% eficiencia, 84% de DQO, pH =3,88
71% - 80%	Photocatalysis/adsorption for total organic carbon removal present in condensed steam cooking generated in	López, A.F., Franco, J.M., Montes, E.J.	América del sur - Colombia	Evaluar la eliminación de carbono orgánico total (COT) en un efluente de la industria del reciclaje, mediante fotocátalisis (Electro-Fenton).	72% de eficiencia, 83% de DQO, pH= 2,9

poultry by-products treatment.

MgAl-LDH@ Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> based heterogeneous electro-Fenton process for the concentrated liquor of gas field wastewater treatment: Optimization, mechanism, and stability.

Li, Q., Li, H.-Q., Rao, Q., Yang, P.  
Asia - China

Establecer si las partículas de MgAl-LDH Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> se sintetizan como catalizadores del sistema heterogéneo de electro-Fenton (EF) permitiendo degradar los contaminantes orgánicos refractarios en el CL-GFW. 72% de eficiencia, 88% de DQO, pH = 5.

Multi-objective optimization of the Fenton process for the treatment of soluble coffee wastewater.

Ibarra, H.N., Dobrosz, I., Gómez, M.A.  
América del Sur - Colombia

Evaluar el proceso fenton en el tratamiento de aguas residuales provenientes de la industria del café utilizando diseño experimental Box-Behnken y metodología de la superficie de respuesta. 74,3% eficiencia, 80,5% de DQO, pH=3,73

Treatability study of leachate generated in a controlled landfill.

Vasconcelos, D.V., Silva, L.L.S., Guerra, I.L., Campos, J.C.  
América del Sur / Brasil

Evaluar los procesos de coagulación / floculación, adsorción sobre carbón activado en polvo (PAC) y reacción con Fenton en la reducción de contaminantes y aumento de la biodegradabilidad del lixiviado. 78.42% eficiencia, 82,3% de DQO, pH 3,1

Optimization of 4-chlorophenol oxidation by manganese ferrite.

Hassani, G., Takdastan, A., Ghaedi, M.,  
Asia - Irán

Encontrar la mejor condición operativa en la degradación del 4- 80% de eficiencia, 86% de

	nanocatalyst with response surface methodology.	(...), Neisi, A., Babaei, A.A.		clorofenol en el proceso Fenton, con la metodología de superficie de respuesta (RSM) y el diseño factorial compuesto central (CCD).	DQO, pH =2,9
	Comparative study of electrochemical wastewater treatment processes for bilge water as oily wastewater: A kinetic approach.	Ulucan, K., Kurt, U.	Asia - Turquía	Analizar la tratabilidad del agua de sentina en el proceso electroquímicos de electrocoagulación / electroflotación y electro-fenton como proceso de electrooxidación indirecta.	81% de eficiencia, 69% de DQO, pH =3
81% -90%	Enhanced cork-boiling wastewater treatment by electro-assisted processes.	García-Costa, A.L., Carbajo, J., Masip, R., (...), Yuste-Córdoba, F.J., Casas, J.A.	Europa - España	Proponer dos enfoques novedosos para el tratamiento de aguas residuales hirviendo con corcho (CBW), como la electrocoagulación secuencial conectada al proceso de oxidación Fenton (EC + Fenton) y el proceso de electro-Fenton (EF ).	87% de eficiencia, 68% de DQO, pH =2,8
	Degradation of textile dye using the advanced oxidation processes photo-fenton and electro-fenton.	França, A.A.C., Neto, J.M.M., de Sousa Rios, M.A., (...), Sá, J.L.S., da Silva, C.E.	América del Sur - Brasil	Evaluar la eficiencia del proceso foto- Fenton asistido por luz artificial o solar aplicado en el tratamiento de aguas residuales de textiles sintéticos.	90% de eficiencia, 85,40% de DQO, pH= 2,5

91% - 100%	Decolorization of Crystal Violet from Aqueous Solution Using Electro-fenton Process.	Fattahi, H., Karimi, H., Amiri, S., (...), Hossini, H., Mustafa, Y.T.	Asia - Iran	Purificar el agua coloreada que contiene cristal violeta mediante proceso de electro-fenton y electrodos de malla de acero.	91% de eficiencia, 65% de DQO, pH =3
	Pharmaceutical wastewater treatment using UV-enhanced electro-Fenton process: Comparative study.	Behfar, R., Davarnejad, R.	Asia / Iran	Estudiar el tratamiento de aguas residuales farmacéuticas (PhW) obtenidas de una fábrica mediante procesos electro-Fenton (EF) y fotoelectro-Fenton (PEF).	91,5% de eficiencia, 86,5% de DQO, pH de 2.91

---

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 6 se observó el nivel de eficiente que alcanzó el tratamiento de aguas residuales industriales al aplicar el proceso Electro-Fenton, donde se dividió en 5 rangos (51% - 60%, 61% - 70%, 71% - 80%, 81% - 90%, 91% - 100%), donde 3 artículos científicos mostraron un rango de eficiencia de remoción entre 51% - 60%, otros 3 artículos científicos mostraron un rango de eficiencia de remoción entre 61% - 70%; 5 artículos científicos mostraron un rango de eficiencia de remoción entre 71% - 80%; 2 artículos científicos mostraron un rango de eficiencia de remoción entre 81% - 90%; y, otros 3 artículos científicos mostraron un rango de eficiencia de remoción entre 91% - 100%.

En el rango entre 51% - 60%, los niveles más bajos mostrados con el proceso Electro-Fenton, las investigaciones fueron realizadas en el continente asiático, específicamente en China (2) y Turquía (1). Ilhan et. al. (2015) analizando el método Electro-Fenton para la descontaminación de aguas emanadas de los teñidos de hilos, obtuvo el nivel de eficiencia más bajo de toda la investigación, con un 53% de remoción, con un 70% de DQO y un pH de 2.7; Jiao et al. (2021) y Aykol et. al. (2019) mostraron nivel de eficiencia de 58% y 60%, de remoción, respectivamente, donde además el primero obtuvo un 65% de DQO y pH igual a 4, mientras que el segundo un 75% de DQO y pH igual a 3,1.

Para el rango entre 61% - 70%, se encontró investigaciones elaboradas en Europa – Italia (1) y América del sur - Brasil (1) y Perú (1), donde, Ma et al (2021) señaló que el proceso Electro-Fenton para el tratamiento de aguas residuales tuvo una eficiencia de 69% de remoción, además con un 80% de DQO y pH igual 3,2; mientras que, De Oliveira et, al. (2016) y Carmen et al. (2020) obtuvieron un mismo nivel de eficiencia de 70%, diferenciándose en valores de DQO y pH, donde obtuvieron 82% de DQO y pH iguala a 3,1 y un 84% de DQO y pH igual a 3,88, respectivamente.

Para el rango entre 71% - 80%, se encontró investigaciones elaboradas en Asia - China (1) e Irán (1) y América del Sur – Colombia (2) y Brasil (1). En el continente asiático, Li et al. (2021) evidenció un nivel de eficiencia de 72% de remoción, permitiendo la degradación de los contaminantes orgánicos, además mostro un 885

de DQO y un pH igual 5; mientras que Hassani et al. (2016) preciso que obtuvo un nivel de eficiencia de 80%, con un 86% de DQO y un pH igual a 2,9. Por otro lado, en América del Sur, Lopez et al. (2017) mostró un nivel de eficiencia de 72% al evaluar el proceso Electro-Fenton en la industria del reciclaje, además evidencio un 83% de DQO y pH de 2,9; Ibarra et al. (2018) mostró un nivel de eficiencia de 74.3% cuando analizo el tratamiento Electro-Fenton para la industria del café, además con un 80.5% de DQO y pH igual a 3,73; y Vasconelos et al. (2017) evidenció un 78.42% de eficiencia y 82.3% de DQO y pH igual 3,1.

Para el rango entre 81% - 90%, se encontró artículos científicos que fueron redactadas en Asia – Turquía (1) y Europa – España (1). Ulucan y Kurt (2015) precisaron que un nivel de eficiencia de 81% de remoción en el tratamiento del agua, adicionalmente señala un 69% de DQO y pH igual a 3; por otro lado, García et al. (2020) mostró un nivel de eficiencia de 87% del proceso Electro-Fenton para la industria del corcho, con un 68% de DQO y un pH igual a 2,8.

Finalmente, para los valores más altos encontrados, se mostró valores del rango entre 91% - 100%, cuyos trabajos de investigación tienen origen en Asia – Irán (2) y América del Sur – Brasil (1). Behfar et al. (2019) evidenció la eficiencia de remoción más elevada, alcanzando un 91.5% de eficiencia de remoción, evaluado en la industria farmacéutica; además se obtuvo un 86.5% de DQO y un pH igual a 2,91. En el mismo continente asiático se evidencio que Fattahi et al. (2020) mostró un nivel de eficiencia de 91%, con un 65% de DQO y pH igual a 3. Por su parte, en el continente americano, Franca et al. (2021) precisaron que obtuvieron un nivel de eficiencia de 90% para industria textil, con un 85.40% de DQO y un pH igual a 2,5.

En relación con un análisis a nivel región, França et al. (2021) evidenció el mejor resultado en América del Sur, con 90% de eficiencia de remoción; Behfar et al. (219) mostró el resultado más elevado en Asia, con 91.5% de eficiencia de remoción; García et al. (2020) mostro mejor resultado en Europa, con 87%.

### 4.3. Proceso de electro-fenton con características físicas y químicas

Tabla 7: Características físicas y químicas modificadas con la utilización del proceso de Electro-fenton.

Categoría	Características	Título	Autor	Región / País	Objetivo	Reducción de parámetros
Características físicas y químicas modificadas	Turbidez	Decolorization of distillery spent wash effluent by electro oxidation (EC and EF) and Fenton processes: A comparative study.	David, C., Arivazhagan, M., Tuvakara, F.	Asia / India	Evaluar el rendimiento de los tres procesos para degradar materia orgánica altamente concentrada en forma de color en el lavado gastado de la destilería a través de métodos oxidativos por lotes como la electrocoagulación (EC), electro-fenton (EF) y el proceso Fenton.	Reducción de turbidez en 79%
		Optimización del proceso Fenton en el tratamiento de lixiviados de rellenos sanitarios.	Medina, C., Montero del Águila, E., Cruz Pio, L.	América del sur - Perú	Determinar las características fisicoquímicas del lixiviado del RSAV, calcular su biodegradabilidad, con dosis óptimas de del reactivo Fenton y pH.	Reducción de turbidez en 65%
		Electro-fenton beyond the degradation of organics: Treatment of thiosalts in.	Olvera-Vargas, H., Dubuc, J., Wang, Z., (...),	Asia - Singapur	Analizar el uso del proceso Electro Fenton para tratar tiosales en agua de mina sintética y real.	Reducción de la turbidez en 70%

	contaminated mine water.	Neculita, C.M., Lefebvre, O.			
	Preliminary study on the effect of Fenton oxidation on black odor river sediment.	Luo, C., Gong, X., Zhang, Q., Chen, Y., Du, Y.	Asia - China	Explorar el efecto de oxidación del reactivo de Fenton en el sedimento del río de color negro, evaluando la reacción del proceso Fenton en la eliminación eficaz de la coloración y la turbidez del agua de color negro.	Alcanzo un DBO de 87,6%
Concentración de DBO	Comparación de Photo Electro-fentonProceso (PEF) y combinación de PEFBiorreactor de proceso y membrana en el tratamiento de los lixiviados de vertederos.	Nivya T K, Minimol Pieus T	Asia - India	Comparar los resultados del EF combinado con el biorreactor de proceso y membrana al tratar los lixiviados de vertederos.	Alcanzo un DBO de 71,9%
Concentración de DQO	Fenton processes as a complementary treatment for the removal of surfactants and coliforms from municipal wastewater.	Naranjo, D., Morillo, L., Pérez, J., (...), Vargas, P., Muñoz, F.	América del sur - Ecuador	Analizar el proceso fenton convencional y modificado con ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) para tratamiento complementario de aguas residuales rurales.	Alcanzo un DQO de 93%



<p>Three-dimensional heterogeneous Electro-Fenton system with a novel catalytic particle electrode for Bisphenol A removal.</p>	<p>Zhang, Y., Chen, Z., Wu, P., (...), Wang, F., Li, S.</p>	<p>Asia - China</p>	<p>Verificar el sistema Electro-Fenton (EF) heterogéneo tridimensional (3D) con electrodo de difusión de gas (GDE) mejorado como cátodo y óxido de grafeno dopado / reducido con nitrógeno magnético (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/ N-rGO) ayuda a la eliminación de bisfenol A (BPA).</p>	<p>Alcanzo un DQO de 78%</p>
<p>Effects of oxalate and persulfate addition to Electro-fenton and Electro-fenton-Fenton processes for oxidation of Ketoprofen: Determination of reactive species and mass balance analysis.</p>	<p>Alizadeh Fard, M., Barkdoll, B.</p>	<p>América del sur - EE.UU.</p>	<p>Evaluar la aplicabilidad de los sistemas Electro-fenton (EF) y Electro-fenton-fenton (EFF), añadiendo una combinación de oxalato y persulfato con estos sistemas (EF-Oxalato, EFF-Oxalato, EF-Persulfato y EFF-Persulfato), para la degradación del ketoprofeno como un contaminante emergente.</p>	<p>Alcanzo un DQO de 68%</p>

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 7, se evidenció las principales características físicas y químicas que pudieron ser reducidos durante el tratamiento de las aguas residuales mediante el proceso Electro-Fenton, donde las investigaciones convergieron a tres características principales que mejoraron, como la turbidez, concentración de la DBO y la DQO. Se evidenciaron tres (3) documentos académicos que centraron su análisis en las características físicas de las aguas residuales, específicamente en la reducción de la turbidez de aguas residuales mediante el proceso Electro-Fenton, David et al. (2015) evidencio la reducción más alta de la turbidez en los documentos analizados, evidenciando un 79%, ello mediante los tres procesos para degradar materia orgánica altamente concentrada en forma de color en el lavado gastado de la destilería a través del proceso Electro-Fenton. Medina et al. (2016) preciso una disminución de la turbidez en 65% mediante dosis óptimas del reactivo Fenton y pH. Asimismo, Olvera et al. (2021) informo que el proceso Electro-Fenton aplicado para tratar tiosales en agua de la minera sintética, tuvo una implicancia en las características físicas de las aguas residuales, reduciendo en 70% la turbidez.

Por otro lado, se recopilaron dos (2) estudios que centraron su análisis en el efecto del proceso Electro-Fenton hacia la concentración de la Demanda bioquímica del Oxígeno (DBO). Nivya et al. (2015) señalo que al tratar los lixiviados de vertederos con procesos electro fenton, los resultados evidenciaron que se alcanzó una DBO de 71,9%; mientras que, Luo et al. (2021) evaluó la reacción del proceso Electro-Fenton en la eliminación eficaz de los contaminantes del agua de color negro, mostrando que alcanzo un DBO de 87,6%.

Asimismo, se analizaron tres (3) investigaciones cuya idea central fue el efecto del proceso electro-fenton sobre la concentración de la Demanda química del oxígeno (DQO). Naranjo et al. (2021) analizo el proceso electro-fenton añadiéndole un ácido etilendiaminotetraacético, cuyo resultado evidencio que se alcanzó un DQO de 93%. Asimismo, Zhang et .al. (2020) verificó el sistema Electro-Fenton heterogéneo tridimensional (3D) con electrodo de difusión de gas (GDE) mejorado como cátodo y óxido de grafeno dopado / reducido con nitrógeno magnético, cuyo resultado evidencio un alcance de un DQO de 78%. Por su parte, Alizadeh y Barkdoll (2018)

evidenciaron la aplicabilidad de los sistemas Electro-fenton añadiendo una combinación de oxalato y persulfato hacia la degradación de los contaminantes, donde se mostró que se alcanzó un DQO de 68%.

Asimismo, desde una vista general, los artículos científicos que centraron su interés en la reducción de la turbidez, fueron elaborados en Asia (2), específicamente en India y Singapur; y uno (1) en América del sur (Perú), siendo la investigación de David et al. (2015) la que concluyo con mayor reducción de turbidez, alcanzo un 79%.

Por otro lado, solo dos documentos académicos estudiaron la característica de demanda biología del oxígeno en aguas residuales industriales aplicando el proceso Electro-Fenton, de las cuales ambas fueron elaboradas en el continente asiático (China e India), siendo la investigación de Luo et Al. (2021) la que concluyo con mayores de niveles de BDO, como 87.6%

Asimismo, tres documentos académicos centraron su análisis en medir la concentración de DQO, dos elaborados en América del sur (Ecuador y EE.UU.) y uno fue elaborado en Asia (China), siendo más relevante la investigación de Naranjo et al. (2021) que señalan que la investigación alcanzo un DQO de 93%.

#### 4.4. Artículos científicos según sus características

Tabla 8: Artículos Científicos por tipo de industrias investigadas.

Industria	Cantidad	Porcentaje
Agroindustria	2	5%
Industria de Corcho	1	3%
Industria del Café	1	3%
Industria Farmacéutica	2	5%
Industria Metalúrgica	3	8%
Industria Minera	1	3%
Industria Química	23	58%
Industria Textil	7	18%

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 8, se evidenció la cantidad de artículos elegidos en la revisión sistemática, de acuerdo con el tipo de industria investigada, donde los artículos científicos analizados centraron su atención en la industria Química, la cual representa el 58% de toda nuestra muestra. Seguida de la industria textil, la cual aporta con el 18% del total de artículos. Asimismo, en la investigación se encontró diferentes industrias analizadas como: Industria metalúrgica (8%), Agroindustria (5%), Industria Farmacéutica (5%), Industria del Corcho (3%), Industria del café (3%) e industria minera (3%).

Tabla 9: Artículos Científicos por categoría.

Categoría	Cantidad	Porcentaje
Eficiencia De Remoción	16	40%
Proceso De Oxidación Avanzada	16	40%
Características físicas y químicas modificadas	8	20%

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 9, los artículos científicos se clasificaron en categorías, donde se resaltan la eficiencia de remoción y el proceso de oxidación avanzada con un total de 16 cada uno, mientras que la categoría de parámetros reducidos se obtuvo un total de 8, demostrando que los artículos científicos seleccionados influyen generalmente en la importancia de obtener la mejor y óptima eficiencia de los resultados en el proceso del Electro-Fenton hacia las aguas residuales industriales o efluentes de acuerdo a las diferentes dosis y tiempo utilizado. De esta manera la proporción de las categorías influye en el sentido de demostrar la eficiencia de los tipos de reacción implementados.

#### 4.5. Artículos científicos según base de datos

Tabla 10: Artículos Científicos por año de elaboración.

Industria	Cantidad	Porcentaje
2015	4	10%
2016	3	8%
2017	7	18%
2018	3	8%
2019	4	10%
2020	6	15%
2021	13	33%

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 10, se evidenció la cantidad de artículos seleccionados en la revisión sistemática, de acuerdo al año de publicación, para lo cual se tomó un rango de 7 años, desde del 2015 hasta el año 2021; siendo el año 2021, donde se observó mayor cantidad de artículos científicos, con un 33% del total analizados. Los años 2016 y 2018, se evidenciaron la menor cantidad de artículos científicos, donde ambos presenciaron un 8% del total de documentos analizados.

Tabla 11: Artículos Científicos por año Repositorio académico

Industria	Cantidad	Porcentaje
SCIELO	5	13%
SCIENCEDIRECT	1	3%
SCOPUS	34	85%

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 11, se evidenció la cantidad de artículos seleccionados en la revisión sistemática, de acuerdo tres repositorios académicos, Scielo, ScienceDirect y Scopus; siendo el repositorio académico Scopus, la plataforma donde se obtuvo la mayor cantidad de artículos científicos relacionados al tema de investigación; el 85% de los documentos fueron encontrados en este repositorio. El 13% de los artículos científico fueron encontrados en el repositorio Scielo, y, solamente el 3% de dichos documentos fueron obtenidos de ScienceDirect.

#### 4.6. Artículos científicos según su ubicación geográfica

Tabla 12: Artículos Científicos por países.

País	Cantidad	Porcentaje
Brasil	7	17.5%
China	7	17.5%
Perú	5	12.5%
India	4	10.0%
Irán	3	7.5%
Turquía	3	7.5%
Colombia	2	5.0%
Ecuador	2	5.0%
México	2	5.0%
EEUU	1	2.5%
España	1	2.5%
Italia	1	2.5%
Nigeria	1	2.5%
Singapur	1	2.5%

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 12, se observó la cantidad de artículos seleccionados en la revisión sistemática, siendo de mayor selección los países de Brasil y China con un total de 7 cada uno, lo cual demuestra que son los países de mayor artículo científico relacionados con el presente trabajo de investigación y de la importancia que se toma para analizar y demostrar la importancia de este tipo de avance científico. Cabe resaltar que los resultados se mencionan de acuerdo a los artículos identificados y seleccionados.

Tabla 13: Artículos Científicos por continente

Continente	Cantidad	Porcentaje
Asia	17	42.5%
América Del Sur	15	37.5%
América Del Norte	4	10.0%
África	2	5.0%
Europa	2	5.0%

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 13, se mostró la clasificación de los artículos elegidos, en donde el continente de Asia obtuvo mayor cantidad de artículos científicos relacionados con el presente trabajo de investigación, que previamente seleccionados fueron los de mayor interés en donde destacan los países de China e India, quienes tienen el interés en la importancia de estas investigaciones por la reducción de agentes contaminantes en las aguas servidas de las industrias, por otro lado, los continentes de África y Europa, son los continentes de menores artículos científicos identificados y seleccionados, entre ellos los países de Nigeria e Italia.

## V. CONCLUSIONES

1. Las dosis óptimas del  $\text{Fe}^{2+}$  y  $\text{H}_2\text{O}_2$  empleadas en el proceso Electro-fenton, están en un rango de variación promedio de 1 – 7 de masa molar (mol) en el  $\text{Fe}^{2+}$  y en el rango de 0.3 – 10 mol del  $\text{H}_2\text{O}_2$ .
2. El nivel de eficiencia de remoción de contaminantes en las aguas residuales mediante el proceso Electro-fenton alcanzó en su mayoría altos índices de porcentaje, siendo el más elevado el de 91.5% de eficiencia, mientras que el índice menor fue de 53%.
3. El proceso de tratamiento mediante el método Electro-Fenton ayudó a modificar las características físicas y químicas de aguas residuales, logrando reducir el nivel de turbidez hasta un 79%, la concentración de DBO alcanzando el 87.6% y la concentración de DQO alcanzando el 93% bajo condiciones óptimas.



## VI. RECOMENDACIONES

1. Establecer rangos de parámetros para definir dosis óptimas de  $\text{Fe}^{2+}$  y  $\text{H}_2\text{O}_2$  dentro del método Electro-Fenton para que el proceso se vuelva eficiente y económicamente viable.
2. Categorizar los niveles de eficiencia y establecer índices mínimos y adecuados para precisar a un proceso de tratamiento mediante el método de Electro-Fenton como eficiente.
3. Evaluar otras características físicas y químicas que pueden mejorar en el análisis de tratamiento de aguas residuales mediante el método Electro-Fenton.

## REFERENCIAS

1. ARIAS, Telvia, SALAZAR, Placida, BESSY, Taimi, CORDOVA, Valduvina, Rodriguez, Dunia. Option of treatment for the residual waters of the shop 1 of the factory de fibrocemento, Tecnología Química [En Línea], vol. 14, num. 1, Abril 2021. pp.34-46. [Fecha de consulta: 02 octubre 2021]. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2224-61852021000100034&script=sci\\_abstract&tlng=en](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2224-61852021000100034&script=sci_abstract&tlng=en). ISSN: 2224-6185
2. BARRERA, Carlos. Aplicaciones electroquímicas al tratamiento de aguas residuales. México D.F., México: Editorial Reverté. 2014. [fecha de consulta: 09 de octubre de 2021]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.11799/52617>. ISBN:978-607-7815-13-6
3. CANDIA-ONFRAY, Christian, ESPINOZA, Nicole, SABINO DA SILVA, Evanimek, TOLEDO-NEIRA, Carla, ESPINOZA Carolina, SANTANDER, Rocío, GARCÍA, Verónica, SALAZAR, Ricardo. Treatment of winery wastewater by anodic oxidation using BDD electrode, Chemosphere [En Línea], 2018, vol. 206, pp. 709 – 717. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.04.175>. ISSN: 0045-6535.
4. CASADO, Juan. Towards industrial implementation of electro-fenton and derived technologies for wastewater treatment: A Review, Journal of Environmental Chemical Engineering [En línea], vol. 7, num. 1, Febrero 2019, pp. 102823. [Fecha de consulta: 02 octubre 2021]. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2018.102823>. ISSN: 2213-3437
5. CENTRO DE LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS DEL AGUA DE SEVILLA. Manual de depuración de aguas residuales urbanas, Monográficos Agua en Centroamérica [En línea]. 2008, pp. 1 – 261. [Fecha de consulta: 02 octubre 2021]. <http://idiaqua.eu/web/wp-content/uploads/2018/07/monografico3.pdf>
6. CHIVA, Sergio, BERLANGA, José, MARTINEZ, Raul, & CLIMENT, Javier. Procesos De Oxidación Avanzada En El Ciclo Integral Del Agua. Publicacions de la Universitat Jaume I. 2017. pp170. [fecha de consulta: 09 de octubre de 2021].

- 2021]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.6035/UJI.FACSA.2017.1>. ISBN: 978-84-16546-30-5
7. DAUGHTON, Christiam. Monitoring wastewater for assessing community health: Sewage Chemical-Information Mining, Science of The Total Environment [En Linea], Vol. 619, mun. 1, Abril 2018, pp. 748-764. [Fecha de consulta: 02 octubre 2021]. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.11.102>. ISSN: 1879-1026
  8. DOING, Li, TONG, Zheng, JIANGHUA Yua, HAIYANG, He, WEI, Shi, JUN, Ma. Enhancement of the Electro-Fenton degradation of organic contaminant by accelerating  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  cycle using hydroxylamine, Journal of Industrial and Engineering Chemistry [En Linea], Octubre 2021, vol. 102, pp. 1 - 384. [fecha de consulta: 02 de octubre de 2021]. <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2021.09.041>. ISSN: 1226-086X
  9. ESPLUGAS, Santiago, GIMÉNEZ, Jaime, CONTRERAS, Sandra, PASCUAL, Esther y RODRÍGUEZ, Miguel. Comparison of different advanced oxidation processes for phenol degradation. Water Research. 2002, vol. 36, no. 4, pp. 1034-1042. [fecha de consulta: 09 de octubre de 2021]. Disponible en: DOI 10.1016/S0043-1354(01)00301-3. ISSN: 00431354
  10. FDEZ-SANROMÁN, Antía, ACEVEDO-GARCÍA, Valeria, PAZOS, Marta, SANROMÁN, Ángeles, ROSALES, Emilio. Iron-doped cathodes for electro-Fenton implementation: Application for pymetrozine degradation, Electrochimica Acta [En Linea], 2020, vol. 338. [fecha de consulta: 02 de octubre de 2021]. <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2020.135768>. ISSN: 0013-4686
  11. FUJISHIMA, Akira, ZHANG, Xintong y TRYK, Donald. Heterogeneous photocatalysis: From water photolysis to applications in environmental 51 cleanup. International Journal of Hydrogen Energy. 2007, vol. 32, no. 14, pp. 2664- 2672. [fecha de consulta: 09 de octubre]. Disponible en: DOI 10.1016/j.ijhydene.2006.09.009. ISSN: 03603199
  12. GLAZE, William, KANG, Joon & CHAPIN, Douglas. The chemistry of water treatment processes involving ozone, hydrogen peroxide and ultraviolet radiation en Ozone: Science & Engineering. 1987, vol. 9(4), pp. 335-352. [fecha

- de consulta: 09 de octubre de 2021]. Disponible en: DOI:10.1080/01919518708552148. ISSN: 0191-9512
13. GENGBO, Ren, MINGHUA, Zhou, PEI, Su, WEILU, Yang, XIAOYE, Lu, YINQIAO, Zhang. Simultaneous sulfadiazines degradation and disinfection from municipal secondary effluent by a flow-through electro-Fenton process with graphene-modified cathode, *Journal of Hazardous Materials* [En Linea], 2019, vol. 368, pp. 830 – 839. [fecha de consulta: 02 de octubre de 2021]. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.01.109>. ISSN 0304-3894
  14. GILPAVAS, Edison y CORREA, Santiago. Optimization of the heterogeneous electro-Fenton process assisted by scrap zero-valent iron for treating textile wastewater: Assessment of toxicity and biodegradability, *Journal of Water Process Engineering* [En Linea], 2019, vol. 32. [fecha de consulta: 02 de octubre de 2021]. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2019.100924>. ISSN: 2214-7144
  15. GILPAVAS, Edison, ARBELÁEZ, Paula, MEDINA, Jose, GOMEZ, Carlos. Treatment of industrial textile wastewater by chemical coagulation coupled with fenton processes intensified by low frequency ultrasound, *Revista Internacional de contaminación ambiental* [En Linea], vol. 34, num. 1, Febrero 2018, pp. [Fecha de consulta: 02 octubre 2021]. <https://doi.org/10.20937/rica.2018.34.01.14>. ISSN: 0188-4999
  16. HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar. Metodología de la Investigación. Sexta Edición. México: Mc Graw Hill Education, 2014. 634 p. [fecha de consulta: 02 de octubre de 2021]. ISBN: 9781456223960
  17. IBHADON, Alex y FITZPATRICK, Paul. Heterogeneous photocatalysis: Recent advances and applications. *Catalysts*. 2013, vol. 3, no. 1, pp. 189-218. [fecha de consulta: 09 de octubre de 2021]. ISSN: 20734344. DOI 10.3390/catal3010189
  18. JIANG, Jia-Qian. The role of coagulation in water treatment. *Current Opinion in Chemical Engineering* [en línea]. 2015, vol. 8, pp. 36-44. [fecha de consulta: 08 de octubre de 2021]. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221133981500009X>. ISSN: 2211-3398
  19. KAIQIANG, Shi, YI, Wang, ANLIN, Xu, XIEZHEN, Zhou, HONGWEI, Zhu, KAJIA, Wei, XIAODONG, Liu, JINYOU, Shen, WEIQING, Han, Efficient

- degradation of ibuprofen by electro-Fenton with microtubular gas- diffusion electrodes synthesized by wet-spinning method, *Journal of Electroanalytical Chemistry* [En línea], 2021, vol. 897. [fecha de consulta: 02 de octubre de 2021]. <https://doi.org/10.1016/j.jelechem.2021.115615>. ISSN: 1572-6657
20. KHAN, Samreen y PATHAK, Bhawana. ZnO based photocatalytic degradation of persistent pesticides: A comprehensive review. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management* [en línea]. 2020, pp. 46. [fecha de consulta: 09 de octubre de 2021]. DOI 10.1016/j.enmm.2020.100290. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2020.100290>. ISSN: 2215-1532
21. LARIOS – MEOÑO, Fernando, GONZÁLEZ, Carlos & MORALES, Yennyfer. Las aguas residuales y sus consecuencias en el Perú, *Saber y Hacer* [En línea], Vol. 2, mun. 2, 2015, pp. 9 – 25. [Fecha de consulta: 02 octubre 2021]. <http://revistas.usil.edu.pe/index.php/syh/article/view/115/215>. ISSN: 2311-7915
22. LARA, Liguia. Las Aguas Residuales del Camal Municipal del Cantón Baños y su Incidencia en la Contaminación del Río Pastaza en la Provincia de Tungurahua. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato], 2011. [Fecha de consulta: 02 octubre 2021]. <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/1611>
23. Ley N° 29338 – Ley de recursos hídricos. DS N° 001-2010-AG. [fecha de consulta: 08 de octubre de 2021]
24. LEDEZMA, Adriana, LI, Yu You & WANG, Aimin. Biodegradability Enhancement of Wastewater Containing Cefalexin by Means of the Electro-Fenton Oxidation Process. *Journal of Hazardous Materials*. 2012, vol 227–228, pp. 41–48. [fecha de consulta: 09 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2012.04.079>. ISSN: 0304-3894
25. LIANG, Yu, YIRAN, Mengmeng & MINGHUA, Zhou. Preparation of transition metal composite graphite felt cathode for efficient heterogeneous electro-Fenton process, *Environmental Science and Pollution Research* [En línea], vol. 24, setiembre 2017, pp. 1122–1132. [Fecha de consulta: 02 octubre 2021]. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-7389-3>. ISSN: 1614-7499

26. LIN, Sheng, and CHO, Lo. Fenton Process for Treatment of Desizing Wastewater. *Water Research*. 1997, vol. 31(8), pp. 2050–2056
27. LIWEI, Chen, JUN, Ma, XUCHUN, Li, JING, Zhang, JINGYUN, Fang, YINGHONG. Guan, y PENGCHAO. Xie. Strong Enhancement on Fenton Oxidation by Addition of Hydroxylamine to Accelerate the Ferric and Ferrous Iron Cycles, *Environmental Science & Technology* [En Línea], 2011, vol. 45, num. 9, pp. 3925 – 3930. [fecha de consulta: 02 de octubre de 2021]. <https://doi.org/10.1021/es2002748>. ISSN: 0013-936X
28. LODDO, Vittorio, BELLARDITA, Marianna, CAMERA-RODA, Giovanni, PARRINO, Francesco y PALMISANO, Leonardo. Heterogeneous photocatalysis: A promising advanced oxidation process. *Current Trends and Future Developments on (Bio-) Membranes: Photocatalytic Membranes and Photocatalytic Membrane Reactors* [en línea]. S.l.: Elsevier Inc. 2018, pp. 1-43. [fecha de consulta: 09 de octubre de 2021]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-813549-5.00001-3>. ISBN: 9780128135495
29. LOUBNA, Rachidi, GHIZLAN, Kaichouh, MARIAM, Khachani, ABDELKADER, Zarrouk, MILOUD EL, Karbane, HIND, Chakchak, ISMAIL, Warad, ABDERAHIM EL, Hourch, KACEM EL, Kacemi, AICHA, Guessous. Optimization and modeling of the electro-Fenton process for treatment of sertraline hydrochloride: Mineralization efficiency, energy cost and biodegradability enhancement, *Chemical Data Collections* [En Línea], 2021, vol. 35. [fecha de consulta: 02 de octubre de 2021]. <https://doi.org/10.1016/j.cdc.2021.100764>. ISSN 2405-8300
30. MEDINA, Rebeca. Revisión Sistemática: Degradación Fotocatalítica de la Anilina en el Tratamiento de Aguas Residuales Textiles. Tesis (Título en Ingeniería Ambiental). Lima: Universidad César Vallejo, 2021. 79 pp
31. METCALF & EDDY INC. *Ingeniería de las Aguas Residuales: Tratamiento, vertido y reutilización*. Editorial McGraw-Hill t1-t2. Tercera Edición. 1996. [Fecha de consulta: 02 octubre 2021]
32. METCALF & EDDY, INC. *Wastewater Engineering-Treatment and Reuse (Fourth Edition)*. USA: McGraw Hill. 2004, pp. 1846. ISBN: 7-302-05857-1

33. MIHELICIC, James, LAUREN, Fry & RYAN, Shaw. Global potential of phosphorus recovery from human urine and feces. *Chemosphere* vol. 84,6 2011, pp. 832-9. [fecha de consulta: 08 de octubre de 2021]. Disponible en: doi: 10.1016/j.chemosphere.2011.02.046
34. MINAM. Indicadores ambientales del SINA. Volumen anual de vertimientos de aguas residuales industriales autorizadas. Sistema Nacional de Información Ambiental. s.f.
35. MOHD, Siti Nor Aishah, ZIN, Nur y OTHMAN, Norzila. A Review of Wastewater Treatment using Natural Material and Its Potential as Aid and Composite Coagulant. *Sains Malaysiana* [en línea]. 2019, vol. 48, pp. 155-164. [fecha de consulta: 08 de octubre de 2021]. Disponible en: [http://www.ukm.my/jsm/pdf\\_files/SM-PDF-48-1-2019/18%20Siti%20Nor%20Aishah%20Mohd-Salleh.pdf](http://www.ukm.my/jsm/pdf_files/SM-PDF-48-1-2019/18%20Siti%20Nor%20Aishah%20Mohd-Salleh.pdf). ISSN: 21429554
36. MORADI, Mahsa & MOUSSAVI, Gholamreza. Enhanced treatment of tannery wastewater using the electrocoagulation process combined with UVC/VUV photoreactor: Parametric and mechanistic evaluation. *Chemical Engineering Journal*. vol 358. 2019, pp. 1038-1046. [fecha de consulta: 08 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2018.10.069>. ISSN: 1385-8947
37. OTURAN, Nihal, ZHOU, Minghua, & OTURAN, Mehmet Metomyl Degradation by Electro-Fenton and Electro-Fenton-like Processes: A Kinetics Study of the Effect of the Nature and Concentration of Some Transition Metal Ions as Catalyst. *Journal of Physical Chemistry*. 2010, vol. 114, pp. 10605–10611. [fecha de consulta: 09 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1021/jp1062836>
38. OEFA -Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. Fiscalización de aguas residuales. Artículo, primera edición, Ministerio del Ambiente, 2014. 42 pp. [fecha de consulta: 08 de octubre de 2021]
39. OHTANI, Bunsho. Photocatalysis by inorganic solid materials: Revisiting its definition, concepts, and experimental procedures [en línea]. 1. S.I.: Elsevier Inc.

2011. [fecha de consulta: 09 de octubre de 2021]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-385904-4.00001-9>. ISBN: 9780123859044
40. ONU. Las aguas residuales. El recurso desaprovechado. Cifras y datos. Informe mundial sobre el desarrollo de los recursos hídricos de las Naciones Unidas 2017. Cifras y datos. 2017a, 12 pp. [fecha de consulta: 08 de octubre de 2021]
41. ONU. Las aguas residuales. El recurso desaprovechado. Resumen ejecutivo. Informe mundial sobre el desarrollo de los recursos hídricos de las Naciones Unidas 2017. 2017, 12 pp. 12 pp. [fecha de consulta: 08 de octubre de 2021]
42. PATHANIA, Deepak, THAKUR, Manita y SHARMA, Arush. Photocatalytical degradation of pesticides. Nano-Materials as Photocatalysts for Degradation of Environmental Pollutants. S.I.: Elsevier Inc. 2020, pp. 153-172. [fecha de consulta: 09 de octubre de 2021] ISBN: 9780128185988
43. PERA-TITUS, Marc, GARCÍA-MOLINA, Verónica, BAÑOS, Miguel, GIMÉNEZ, Jaime y ESPLUGAS, Santiago. Degradation of chlorophenols by means of advanced oxidation processes: A general review. Applied Catalysis B: Environmental. 2004, vol. 47, no. 4, pp. 219-256. [fecha de consulta: 09 de octubre de 2021]. Disponible en: DOI 10.1016/j.apcatb.2003.09.010. ISSN: 09263373
44. QIU, Shan, HE, Di, MA, Jinxing, LIU, Tongxu, & WAITE, David. Kinetic Modeling of the Electro-Fenton Process: Quantification of Reactive Oxygen Species Generation. Electrochimica Acta. 2015, vol.176, pp. 51–58. [fecha de consulta: 09 de octubre de 2021]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.electacta.2015.06.103>
45. RODRÍGUEZ, Mayra y BARRERA, Carlos. Procesos de oxidación avanzada en el tratamiento de agua. Universidad Autónoma de México. 1ra edición. 2020, pp. 1-232. [fecha de consulta: 09 de octubre de 2021]. ISBN: 978-607-633-187-3
46. RAFFO, Eduardo & RUIZ, Edgar. Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno, Industrial Data [En Línea], vol. 17, num. 1, Abril 2014, pp. 71 – 80. [Fecha de consulta: 02 octubre 2021]. <https://revistas.gnbit.net/index.php/idata/article/view/12035/10751>. ISSN: 1810-9993



47. RUEDA-MARQUEZ, Juan, LEVCHUK, Irina, FERNÁNDEZ, Pilar y SILLANPÄÄ, Mika. A critical review on application of photocatalysis for toxicity reduction of real wastewaters. *Journal of Cleaner Production*. 2020, vol. 258. [fecha de consulta: 09 de octubre de 2021]. Disponible en: DOI 10.1016/j.jclepro.2020.120694. ISSN: 09596526
48. SATO, Toshio, QADIR, Manzoor, YAMAMOTO, Sadahiro, ENDO, Tsuneyoshi, ZAHOR, Ahmad. Global, regional, and country level need for data on wastewater generation, treatment, and use. *Article info [on line]*. 2013, pp. 1-13. [fecha de consulta: 08 de octubre de 2021]. Disponible es: <http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2013.08.007>
49. SELVARAJ, Hosimin, SINDHUJA, Hema. Removal of sulfide and recycling of recovered product from tannery lime wastewater using photoassisted-electrochemical oxidation process. *Journal of industrial and engineering Chemistry*. vol.83, pp. 164-172. 2019. [fecha de consulta: 08 de octubre de 2021]. Disponible en: DOI: 10.1016/j.jiec.2019.11.024
50. SONG, Zongwei, WILLIAMS, Ceri & EDYVEAN, Robert. Treatment of tannery wastewater by chemical coagulation. *Desalination*. Vol 164, Issue: 3. 2004, pp. 249-259. [fecha de consulta: 08 de octubre de 2021]. Disponible en: DOI:10.1016/S0011-9164(04)00193-6. ISSN: 0011-9164
51. STEEN, Lynn Arthur. Numeracy: the new literacy for a data-drenched society. *Educational Leadership*, 57:2. 1998, pp. 8-13. [fecha de consulta: 08 de octubre de 2021]
52. SUSUF, Savas & ULKER, Ogutveren. Treatment of petroleum refinery wastewater by electrochemical methods, *Desalination [En Linea]*, num. 258, Abril 2010, pp. 201-205. Abril 2010. [Fecha de consulta: 02 octubre 2021]. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2010.03.013>. ISSN: 0011-9164
53. TEZCAN, Umran, TOPAL, Seher, ODUNCU, Emre & OGUTVEREN, Ulker. Treatment of Tissue Paper Wastewater: Application of Electro-Fenton Method. *International Journal of Environmental Science and Development*. 2015, vol 6, pp. 415-418. [fecha de consulta: 09 de octubre de 2021]. Disponible en: DOI: 10.7763/IJESD. 2015.V6.628. ISSN: 2010-0264

54. TURCHI, Craig y OLLIS, David. Photocatalytic degradation of organic water contaminants: Mechanisms involving hydroxyl radical attack. *Journal of Catalysis*. 1990, vol. 122, no. 1, pp. 178-192. [fecha de consulta: 09 de octubre de 2021]. Disponible en: DOI 10.1016/0021-9517(90)90269-P. ISSN: 10902694
55. VAN VUUREN, Detlef, SMITH, Steve, & RIAHI, Keywan. Downscaling socioeconomic and emissions scenarios for global environmental change research: a review. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, vol 1. 2010, pp. 393-404. [fecha de consulta: 08 de octubre de 2021]. Disponible es: doi:10.1002/wcc.50
56. VARANK, Gamze, GUVENC, Senem, GURBUZ, Gokhan & ENGIN, Guleda. Statistical optimization of process parameters for tannery wastewater treatment by electrocoagulation and electro-Fenton techniques, *Desalination and Water Treatment* [En línea], vol. 57, num. 53, marzo 2016, pp. 25460-25473. [fecha de consulta: 02 octubre 2021]. ISSN: 1944-3986
57. VARELA, Margarita y VIVES, Tania. Autenticidad y calidad en la investigación educativa cualitativa: multivocalidad. *Investigación en educación médica* [en línea]. 2016, vol. 5, pp. 191-198. [fecha de consulta: 02 de octubre de 2021]. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-50572016000300191&nrm=iso](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-50572016000300191&nrm=iso). ISSN: 2007-5057
58. VENKATADRI, Rajagopalan & PETERS, Robert. Chemical oxidation technologies: Ultraviolet light/hydrogen peroxide, Fenton's reagent, and titanium dioxide-assisted photocatalysis. *Hazardous Waste and Hazardous Materials*. 1993, vol., pp. 107-149. [fecha de consulta: 09 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1089/hwm.1993.10.107>
59. ZHANG, Meng, DONG, Hui, ZHAO, Liang, WANG, De-Xi & MENG, Di. A Review on Fenton Process for Organic Wastewater Treatment Based on Optimization Perspective. *Science of the Total Environment*. 2019, pp. 110–121. [fecha de consulta: 09 de octubre de 2021]. Disponible en: DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.03.180

## ANEXOS

### Matriz de operacionalización de categoría

CATEGORÍAS	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	SUB CATEGORÍAS	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Procesos de oxidación avanzada	Procesos que implican la formación de radicales hidroxilo de potencial de oxidación mucho mayor que el de otros oxidantes tradicionales (Barrera, 2021, p. 18).	Se determinará la concentración de contaminantes con el fin de precisar la dosis adecuada de Electro-Fenton (Rafo y Ruiz, 2014, p. 10).	Densidad de corriente	Oxidación	Nominal
			Tiempo de reacción		
Eficiencia de remoción	Se entiende como el valor optimo que se consigue al usar condiciones operativas adecuadas (Lastreros y Mejía, 2020, p. 54).	Se analizará la eficiencia obtenida de cada investigación revisada. (Lastreros y Mejía, 2020, p. 52).	Dosis de Fe <sup>2+</sup>	Porcentaje de remoción	Nominal
			Dosis de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>		
			Tipo de electrodos		
			91% - 100%		
			81% - 90%		
71% - 80%					
Características físicas y químicas modificadas	Son características del agua residual que miden el nivel de contaminación, y depende de ello para clasificarlo. (Lanan, et al., 2020, p.16).	Se determinará la características físicas y químicas modificadas durante el proceso Electro-fenton (Barrera, 2021, p. 19).	61% - 70%	Agua residual industrial	Nominal
			51% - 60%		
			Turbidez		
			Concentración de Sólidos suspendidos totales		
			pH		
Concentración de DBO					
Concentración de DQO					


Fuente: Elaboración propia.

## Matriz de categorización apriorística

Matriz de categorización apriorística				
Objetivos específicos	Problemas específicos	Categorías	Sub Categorías	Unidad de Análisis
Determinar el proceso de operación del electro-fenton para el tratamiento de aguas residuales industriales.	¿Cuál el proceso de operación del electro-fenton para el tratamiento de aguas residuales industriales?	Procesos de oxidación avanzada	Densidad de corriente	Gilpavas et al. (2018) Liang et al. (2017) Casado (2019) Liwei et al. (2021) Doing et al. (2021)
			Tiempo de reacción	
Establecer el nivel de eficiencia de remoción de contaminantes sobre aguas residuales.	¿Cuál es la eficiencia de remoción de contaminantes en las aguas residuales industriales?	Eficiencia de remoción	Dosis de Fe <sup>2+</sup>	Susuf y Ulker (2010) Kaiqiang et al. (2021) Loubna et al. (2021) Gilpavas y Correa (2019).
			Dosis de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	
			Tipo de electrodos	
			91% - 100%	
			81% - 90%	
Identificar las características físicas y químicas modificadas de las aguas residuales.	¿Cuáles son las características físicas y químicas modificadas de las aguas residuales?	Características físicas y químicas modificadas	71% - 80%	Varank et al. (2016) Mehmet (2021) Gengbo (2019) Fdez-Sanromán (2020) Candia-Onfray et al. (2018).
			61% - 70%	
			51% - 60%	
			Turbidez	
			Concentración de Sólidos suspendidos totales	
			pH	
			Concentración de DBO	
			Concentración de DQO	

Fuente: Elaboración propia.

## Ficha de análisis de contenido

	<b>FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO</b>	
<b>Título:</b> Comparative study of electrochemical wastewater treatment processes for bilge water as oily wastewater: A kinetic approach		
Año de publicación 2015	Revista indexada: Scopus	Área geográfica: Asia– Turquía
Autor (es):	Ulucan, K., Kurt, U.	
Objetivos	Analizar la tratabilidad del agua de sentina mediante procesos electroquímicos: proceso de electrocoagulación / electro flotación y también el proceso de electro-Fenton como proceso de electro oxidación indirecta.	
Categorías	Eficiencia de Remoción	
Resultados	Los electrodos de aluminio eran más eficientes y en un corto período de tiempo como 10 min. Valores de demanda química de oxígeno y eliminación de aceite-grasa obtenidos como 64,8% y 57% de Al y 36,2% y 12,5% de Fe, respectivamente. Por otro lado, mediante el proceso de electro-fenton, se observó que se obtuvieron mayores eficiencias de remoción en comparación con el método de electrocoagulación, siendo la remoción de DQO y aceite-grasa igual a 71% y 69%, respectivamente. Los estándares de descarga especificados por MARPOL se obtuvieron mediante el proceso de electro-fenton.	
Conclusiones	La duración óptima para los procesos de tratamiento electroquímico, los valores de eficiencia de remoción de DQO y aceite-grasa obtenidos mediante el proceso de electro-fenton fueron 71% (81% durante 60 min.) Y 68,8%, respectivamente, mientras que el proceso de electrocoagulación realizado con electrodos de aluminio resultó en un 64,8% de DQO y un 57% de eficiencia en la remoción de aceite-grasa. En el proceso de electro-fenton, los ácidos del aceite hidrolizados parcialmente oxidados en un rango de pH bajo (pH 3) dieron como resultado un aumento en los niveles de remoción de aceite-grasa y DQO.	

**Título:** Electro-Fenton beyond the degradation of organics: Treatment of thiosalts in contaminated mine water.

Año de publicación  
2021

Revista indexada:  
Scopus

Área geográfica:  
Asia – Singapur

Autor (es):

Olvera-Vargas, H., Dubuc, J., Wang, Z., (...), Neculita, C.M., Lefebvre, O.

Objetivos

Analizar el uso del proceso Electro-Fenton para tratar tiosales en agua de mina sintética y real.

Categorías

Parámetros Reducidos

Resultados

Optimizaron los principales parámetros que afectan el proceso, a saber, la densidad de corriente (2,08-6,25 mA cm<sup>-2</sup>), la temperatura (4 vs 20 ° C) y la concentración de S<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>2-</sup> (0,25-2 g L<sup>-1</sup>). El S<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>2-</sup> se eliminó casi por completo en 2 h de tratamiento a 6.25 mA cm<sup>-2</sup>.

Conclusiones

El proceso resultó en una oxidación completa de S<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>2-</sup> y S<sub>4</sub>O<sub>6</sub><sup>2-</sup> a SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> en 90 min a 6,25 mA cm<sup>-2</sup> (eliminación del 95% en solo 60 min).



## FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO

**Título:** Fenton-based technologies as efficient advanced oxidation processes for microcystin-LR degradation

Año de publicación  
2021

Revista indexada:  
Scopus

Área geográfica:  
Asia – China

Autor (es):

Liang, D., Li, N., An, J., (...), Wu, Y., Liu, H.

Objetivos

Analizar la degradación de MC-LR mediante tecnologías basadas en Fenton (Fenton convencional, foto-Fenton, electro-Fenton, ozono-Fenton y sonó-Fenton)

Categorías

Procesos de oxidación avanzada

Resultados

Esta revisión evidencio las tendencias de técnica de optimización para la aplicación Fenton de la degradación de MC-LR, así como en los desafíos clave y las oportunidades futuras en este campo de rápido desarrollo.

Conclusiones

La concentración inicial de MC-LR, las dosis del catalizador y oxidante, la alcalinidad del medio ambiente, las materias orgánicas naturales (NOM) y otros iones inorgánicos, son factores que influyen en la destrucción de la cadena de ADDA mediante la hidroxilación es esencial para la desintoxicación de MC-LR.



## FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO

**Título:** Three-dimensional heterogeneous Electro-Fenton system with a novel catalytic particle electrode for Bisphenol A removal.

Año de publicación  
2020

Revista indexada:  
Scopus

Área geográfica:  
Asia – China

Autor (es):

Zhang, Y., Chen, Z., Wu, P., (...), Wang, F., Li, S.

Objetivos

Verificar si la un nuevo sistema Electro-Fenton (EF) heterogéneo tridimensional (3D) con electrodo de difusión de gas (GDE) mejorado como cátodo y óxido de grafeno dopado / reducido con nitrógeno magnético ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$  / N-rGO) ayuda a la eliminación de bisfenol A (BPA).

Categorías

Parámetros Reducidos

Resultados

la tasa de eliminación óptima de BPA y TOC fue del 93% y 60,5%, respectivamente, en 90 min. Los CPE mostraron un alto rendimiento catalítico (86,5% para BPA y 50,3% para TOC) y baja pérdida de catalizador (menos del 9,5%) después de 5 ciclos, lo que indica su excelente estabilidad y reutilización. El sistema de electrodos 3D exhibió un electrodo de área de superficie específica más grande, que mejoró la transferencia de masa de contaminantes al electrodo y también aceleró la regeneración de FeII debido a una transferencia de electrones más rápida, mejorando así la eficiencia de la catálisis EF.

Conclusiones

El proceso EF promueve la tasa de regeneración de los electrodos de partículas y, por lo tanto, acelera el curso de reacción del electrodo 3D. Se optimizaron los parámetros que afectan el comportamiento de degradación del BPA.



<b>Título:</b> Enhanced cork-boiling wastewater treatment by electro-assisted processes.		
Año de publicación 2020	Revista indexada: Scopus	Área geográfica: Europa - España
Autor (es):	Garcia-Costa, A.L., Carbajo, J., Masip, R., (...), Yuste-Córdoba, F.J., Casas, J.A.	
Objetivos	Proponer dos enfoques novedosos para el tratamiento de aguas residuales hirviendo con corcho (CBW), como la electrocoagulación secuencial acoplada al proceso de oxidación de Fenton (EC + Fenton) y el proceso de Electro-Fenton (EF).	
Categorías	Eficiencia de Remoción	
Resultados	Al proceso de oxidación de Fenton (EC + Fenton) y el proceso de electro-Fenton (EF) fueron probadas a 80 ° C con la dosis estequiométrica de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> requerida para la mineralización completa de la materia orgánica. Ambos tratamientos dieron como resultado una alta conversión de TOC, alrededor del 87%, con eliminación completa de compuestos fenólicos. Los efluentes resultantes fueron biodegradables (DBO <sub>5</sub> / DQO > 0,65), conteniendo ácidos carboxílicos no tóxicos como ácidos fórmico, acético, oxálico y malónico.	
Conclusiones	El principal costo está relacionado con el consumo de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> . En este sentido, un pretratamiento físico-químico inicial disminuyó los requerimientos de oxidante y así, los costos operativos se pueden reducir en un 40% en el proceso EC + Fenton	

**Título:** Decolorization of Crystal Violet from Aqueous Solution Using Electro-Fenton Process

Año de publicación  
2020

Revista indexada:  
Scopus

Área geográfica:  
Asia – Iran

Autor (es):

Fattahi, H., Karimi, H., Amiri, S., (...), Hossini, H., Mustafa, Y.T.

Objetivos

Purificar el agua coloreada que contiene cristal violeta mediante un proceso de electro-fenton y electrodos de malla de acero. Todos los regentes y métodos se prepararon a partir de métodos analíticos graduados y estándar.

Categorías

Eficiencia de Remoción

Resultados

Las cantidades de violeta cristal se determinaron por colorimétrico utilizando un espectrofotómetro a una longitud de onda máxima de aproximadamente 586 nm. La mejor degradación del tinte se produce en pH ácido (pH3), tiempo de contacto de 5 minutos, concentración inicial de violeta cristal 50 mg / l, aplicado corriente 0,8 A y un nivel de electrolito de aproximadamente 0,1 g / L de NaCl. Se causó que una corriente eléctrica más alta y pH más bajos generaran la mayor cantidad de radical oxidativo y la regeneración de Fe<sup>2+</sup>. En condiciones óptimas, el violeta cristal se eliminó aproximadamente en un 99,72%.

Conclusiones

El Electro-fenton es una tecnología de generación de peróxido de hidrógeno in situ adecuada para el tratamiento de aguas residuales coloreadas.



## FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO

**Título:** Pharmaceutical wastewater treatment using UV-enhanced electro-Fenton process: Comparative study.

Año de publicación  
2019

Revista indexada:  
Scopus

Área geográfica:  
Asia – Iran

Autor (es):

Behfar, R., Davarnejad, R.

Objetivos

Estudiar el tratamiento de aguas residuales farmacéuticas (PhW) obtenidas de una fábrica mediante procesos electro-Fenton (EF) y fotoelectro-Fenton (PEF).

Categorías

Eficiencia de Remoción

Resultados

Según el análisis de varianza (ANOVA), el tiempo fue el parámetro más significativo en la respuesta del proceso (eliminación de DQO) seguido de la densidad de corriente. Las condiciones óptimas para el 86,85% de eliminación de DQO a través del proceso EF fueron: pH de 2,96, densidad de corriente de 42,90 mA / cm<sup>2</sup>, relación molar de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> / Fe<sup>2+</sup> de 3,78, relación de volumen de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> / PhW de 1,37 ml / L y tiempo de reacción. de 58.49 min, mientras que las condiciones óptimas para el 93.00% de remoción de DQO a través del proceso PEF fueron a pH de 2.91, densidad de corriente de 43.71 mA / cm<sup>2</sup>, relación molar H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> / Fe<sup>2+</sup> de 4.29, relación de volumen de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> / PhW de 1.67 ml / L , Luz UVA de 6 W y tiempo de reacción de 54,24 min.

Conclusiones

Se concluyó que la luz UVA puede aumentar la eliminación de DQO a través del proceso PEF alrededor de un 7% más que la del proceso EF en condiciones óptimas..



## FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO

**Título:** Optimization of raw acrylic yarn dye wastewater treatment by electrochemical processes: Kinetic study and energy consumption.

Año de publicación  
2019

Revista indexada:  
Scopus

Área geográfica:  
África – Turquía

Autor (es):

Behfar, R., Davarnejad, R.

Objetivos

Estudiar el tratamiento de aguas residuales farmacéuticas (PhW) obtenidas de una fábrica mediante procesos electro-Fenton (EF) y fotoelectro-Fenton (PEF).

Categorías

Eficiencia de Remoción

Resultados

Según el análisis de varianza (ANOVA), el tiempo fue el parámetro más significativo en la respuesta del proceso (eliminación de DQO) seguido de la densidad de corriente. Las condiciones óptimas para el 86,85% de eliminación de DQO a través del proceso EF fueron: pH de 2,96, densidad de corriente de 42,90 mA / cm<sup>2</sup>, relación molar de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> / Fe<sup>2+</sup> de 3,78, relación de volumen de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> / PhW de 1,37 ml / L y tiempo de reacción. de 58.49 min, mientras que las condiciones óptimas para el 93.00% de remoción de DQO a través del proceso PEF fueron a pH de 2.91, densidad de corriente de 43.71 mA / cm<sup>2</sup>, relación molar H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> / Fe<sup>2+</sup> de 4.29, relación de volumen de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> / PhW de 1.67 ml / L , Luz UVA de 6 W y tiempo de reacción de 54,24 min.

Conclusiones

Se concluyó que la luz UVA puede aumentar la eliminación de DQO a través del proceso PEF alrededor de un 7% más que la del proceso EF en condiciones óptimas..



## FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO

**Título:** Effects of oxalate and persulfate addition to Electro-Fenton and Electro-Fenton-Fenton processes for oxidation of Ketoprofen: Determination of reactive species and mass balance analysis.

Año de publicación  
2018

Revista indexada:  
Scopus

Área geográfica:  
América del norte –  
EE.UU.

Autor (es):

Alizadeh Fard, M., Barkdoll, B.

Objetivos

Evaluar la aplicabilidad de los sistemas Electro-fenton (EF) y Electro-fenton-fenton (EFF), añadiendo una combinación de oxalato y persulfato con estos sistemas (EF-Oxalato, EFF-Oxalato, EF-Persulfato y EFF-Persulfato), para la degradación del ketoprofeno como un contaminante emergente.

Categorías

Parámetros Reducidos

Resultados

El orden de capacidad de oxidación y mineralización es EF-Persulfato > EFF-Persulfato > EF-Oxalato > EFF-Oxalato > EFF > EF. Los experimentos con captadores de radicales indicaron que el [rad] OH es la especie radical dominante en los sistemas EF, EFF, EF-Oxalato y EFF-Oxalato. Sin embargo, tanto el [rad] OH como el  $1O_2$  participaron en la oxidación del ketoprofeno en los procesos de EF-Persulfato y EFF-Persulfato. Las relaciones Fe (II) / Fe total en las muestras de solución y de lodo disminuyeron a medida que aumentaba la capacidad de oxidación. Los cálculos del balance de masa de carbono mostraron que EF-Persulfato deja la menor cantidad de subproductos de oxidación en el sistema. Los análisis de la relación DBO5 / DQO demostraron que todos los sistemas estudiados mejoraron la biodegradabilidad de las aguas residuales sin tratar.

Conclusiones

La adición de oxalato y persulfato a los sistemas EF y EFF proporciona buenas soluciones para disminuir la carga y el riesgo que representa el ketoprofeno para los sistemas de agua.

**Título:** Optimization of 4- chlorophenol oxidation by manganese ferrite nanocatalyst with response surface methodology

Año de publicación  
2016

Revista indexada:  
Scopus

Área geográfica:  
Asia - Iran.

Autor (es):

Hassani, G., Takdastan, A., Ghaedi, M., (...), Neisi, A., Babaei, A.A.

Objetivos

Encontrar la mejor condición operativa en la degradación del 4-clorofenol en el proceso Fenton, se utilizó la metodología de superficie de respuesta (RSM) y el diseño factorial compuesto central (CCD).

Categorías

Eficiencia de Remoción

Resultados

La caracterización de ferrita de manganeso sintetizada mediante microscopía electrónica de barrido por emisión de campo (FESEM), espectroscopia de dispersión de energía (EDS) y magnetómetro de muestra vibrante (VSM) explicó la estructura porosa del súper-paramagnético  $MnFe_2O_4$  y mostró que Fe, O y Mn son los dominantes elementos en el compuesto con porcentajes en peso de 47,20, 28,40 y 24,40%, respectivamente; y también, el resultado del difractor de rayos X en polvo (XRD) confirmó la presencia de  $MnFe_2O_4$  monofásico con una estructura cúbica centrada en las caras. La eficiencia de degradación se observó a través de un proceso de oxidación que indicó que el  $MnFe_2O_4$  podría reducirse en un 93% el 4-clorofenol en 60 minutos. Además, el pH,  $H_2O_2$  y el catalizador óptimos fueron 4,24, 0,07 mol. L-1 y 0,72 g. L-1, respectivamente.

Conclusiones

La ecuación polinomial de segundo orden para la eficiencia de degradación del 4-clorofenol expresó la relación entre la variable de respuesta y las variables de prueba. El valor p del modelo ( $<0,0001$ ) mostró que el modelo era adecuado para este experimento.

**Título:** Fenton processes as a complementary treatment for the removal of surfactants and coliforms from municipal wastewater.

Año de publicación  
2021

Revista indexada:  
Scopus

Área geográfica:  
América del sur -  
Ecuador

Autor (es):

Naranjo-Tovar, D., Morillo-Semanate, L., Pérez, J., (...), Vargas-Jentzsch, P., Muñoz-Bisesti, F..

Objetivos

Analizar un proceso Fenton convencional y modificado con ácido etilendiaminotetra acético (EDTA) como tratamiento complementario para aguas residuales rurales de Quito.

Categorías

Parámetros reducidos

Resultados

Mediante las mejores condiciones establecidas como la concentración de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> de 124,4 mM, agitación continua de 130 rpm, relación molar EDTA:Fe<sup>2+</sup>: H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> de 1:1:20 y pH de 6,41 (pH del efluente), y a partir de una muestra con concentración inicial de tensoactivos, coliformes fecales y DQO de 6,12 mg/L, 71000 UFC/mL y 980 mg/L, respectivamente, se alcanzó inactivación total de coliformes fecales y una reducción de 97% para tensoactivos y 93% para la demanda química de oxígeno a los 15 min de tratamiento. La aplicación del tratamiento Fenton modificado con EDTA bajo las mejores condiciones establecidas, permitió alcanzar un valor de 64 mg/L de DQO en un tiempo de 15 min, a partir de una carga inicial de DQO de 980 mg/L

Conclusiones

Los valores de las concentraciones de tensoactivos y coliformes fecales, obtenidos posteriormente al tratamiento con las mejores condiciones establecidas para el proceso Fenton convencional y Fenton modificado con EDTA, estuvieron por debajo de los límites máximos respectivos establecidos por las normas de la EPA, lo cual supone una ventaja frente a los tratamientos convencionales.

**Título:** Preliminary study on the effect of Fenton oxidation on black odor river sediment

Año de publicación  
2021

Revista indexada:  
Scopus

Área geográfica:  
Asia - China

Autor (es):

Luo, C., Gong, X., Zhang, Q., Chen, Y., Du, Y.

Objetivos

Explorar el efecto de oxidación del reactivo de Fenton en el sedimento del río de color negro, evaluando la ración del proceso Fenton en la eliminación eficaz de la coloración y la turbidez del agua de color negro.

Categorías

Parámetros reducidos

Resultados

Bajo la condición de  $T = 28\text{ }^{\circ}\text{C}$ , entrada  $(\text{H}_2\text{O}_2) = 20\% \text{ Q}$  (Q es la dosis teórica para mineralizar completamente carbono orgánico en sedimento), la relación molar de  $\text{Fe}^{2+}$  a  $\text{H}_2\text{O}_2 = 0.5: 1$ . Con el tratamiento Fenton aumentó significativamente el potencial redox del sedimento y el agua suprayacente, y tuvo una fuerte eficiencia de oxidación de la materia orgánica en el sedimento de color negro. la remoción de sulfuro ácido volátil, carbono orgánico total y nitrógeno orgánico total fue de 70,13%, 22,14% y 87,60%, respectivamente. Se produjo una cantidad sustancial de nitrógeno amónico y nitrógeno nitrato. Debido a la presencia de hierro, la concentración de fósforo reactivo soluble en el sedimento se redujo considerablemente.

Conclusiones

Con el tratamiento de Fenton, la tasa de oxidación del sistema  $\text{H}_2\text{O}_2$  fue más lenta y la mejora del potencial redox en el sistema no fue obvia. Se debe prestar atención a la liberación de ácidos orgánicos y nitrógeno amónico al agua suprayacente durante el tratamiento con Fenton.





## FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO

**Título:** Degradation of textile dye using the advanced oxidation processes photo-fenton and solar photo-fenton

Año de publicación  
2021

Revista indexada:  
Scopus

Área geográfica:  
América del sur - Brasil

Autor (es):

França, A.A.C., Neto, J.M.M., de Sousa Rios, M.A., (...), Sá, J.L.S., da Silva, C.E.

Objetivos

Evaluar la eficiencia del proceso foto-Fenton asistido por luz artificial o solar aplicado en el tratamiento de efluentes textiles sintéticos.

Categorías

Eficiencia de remoción

Resultados

El proceso foto-Fenton fue eficiente en la decoloración del efluente, con énfasis en el estudio realizado por la luz solar que en todas las condiciones operativas de obra presentó tasas de remoción superiores al 90%. En términos de DQO, la mejor eficiencia se obtuvo cuando 1250 mg L<sup>-1</sup> e: 62,5 mg L<sup>-1</sup> mostraron tasas de 85,40% y 50,20% para el proceso con luz artificial o solar respectivamente.

Conclusiones

Los procesos de degradación utilizando Photo-Fenton asistido por luz artificial y solar mostraron resultados satisfactorios, con énfasis en la radiación solar, que mostró un mejor desempeño en el parámetro de remoción de color en todas las condiciones de operación.

**Título:** High-precision and on-line measurement of dissolved organic matter in Electro-Fenton process based on dual wavelength analysis with combination of fluorescence emission and ultraviolet absorption spectroscopy.

Año de publicación  
2021

Revista indexada:  
Scopus

Área geográfica:  
Asia - China

Autor (es):

Fu, Y., Li, W., Li, H., Huang, M.

Objetivos

Simplificar la complejidad del sistema de medición del proceso de Electro Fenton, y, al mismo tiempo, superar el efecto de las interferencias que contienen hierro durante la medición.

Categorías

Proceso de Oxidación Avanzada

Resultados

Una relación intrínseca entre la concentración de DOM medida y la absorción ultravioleta en  $\lambda_1$  y las intensidades de luz de la emisión de fluorescencia en  $\lambda_2$  se deriva teóricamente y se prueba, a partir de la cual se puede eliminar la influencia de los iones de hierro y sus complejos en el espectro, por lo que el contenido de DOM en el proceso Electro-Fenton se determina con precisión. El análisis de longitud de onda dual propuesto con una combinación de emisión de fluorescencia y espectroscopia de absorción ultravioleta puede lograr una alta precisión ( $R^2 = 0,9882$ ,  $RMSE = 0,0131$  mg / L).

Conclusiones

Las técnicas de espectroscopia de absorción UV-visible y de matriz de emisión de excitación (EEM) son las más potenciales para realizar mediciones de DOM en línea, pero la precisión de la medición no es satisfactoria debido a la participación obligatoria de interferentes que contienen hierro.



## FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO

**Título:** Advanced treatment of water contaminated with atrazine, difenoconazole and fipronil mixture, its by-products and bio-toxicity levels.

Año de publicación  
2021

Revista indexada:  
Scopus

Área geográfica:  
América del sur - Brasil

Autor (es):

Inticher, J.J., Cabrera, L.C., Guimarães, R.E., (...), Seibert, D., Borba, F.H.

Objetivos

Proporcionar una comprensión integral del potencial de aplicación del proceso PEF-BDD para el tratamiento eficiente de aguas superficiales y subterráneas contaminadas con pesticidas en una mezcla.

Categorías

Proceso de Oxidación Avanzada

Resultados

Mediante condiciones óptimas de funcionamiento de la celda electrolítica, es decir, corriente eléctrica aplicada (AEC) de 0,7 A, concentración de  $H_2O_2$  de 1000 mg L<sup>-1</sup>, y caudal de 0.6 L min<sup>-1</sup>, dentro de los 15 min del proceso PEF-BDD, alcanzo una degradación en la mezcla de 95.7% ATZ, 97.3% DFN y 96.5% FPN y mineralización del 47.3% de la solución ADF. Asimismo, se evaluaron los niveles de biotoxicidad que muestran los bioindicadores Artemia salina (toxicidad aguda) y Allium cepa (citotoxicidad).

Conclusiones

El proceso PEF-BDD para el tratamiento de aguas superficiales y subterráneas contaminadas con pesticidas es eficiente.

## FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO

**Título:** Treatment of reverse osmosis concentrate from industrial coal wastewater using an electro-peroxone process with a natural air diffusion electrode.

Año de publicación  
2021

Revista indexada:  
Scopus

Área geográfica:  
Asia - China

Autor (es):

Jiao, Y., Liu, L., Zhang, Q., Zhou, M., Zhang, Y.

Objetivos

Estudiar y comparar la eficiencia del tratamiento de EP, electro-Fenton, electro oxidación (EO), peroxi-coagulación (PC) y ozonización para la remoción de carbono orgánico total, color y UV254 en el concentrado de ósmosis inversa (ROC).

Categorías

Eficiencia de remoción

Resultados

A condiciones óptimas de reacción (corriente de 200 mA, pH de 4 y dosis de O<sub>3</sub> de 6 mg / min). La producción de ·OH en EP fue mucho mayor que en ozonización y EO, como lo indica la medición de EPR. Los espectros de matriz de excitación-emisión de ROC después del tratamiento con EP verificaron que todos los contaminantes fluorescentes en ROC se eliminaron en 2 h. Además, la combinación de procesos de PC y EP (2 h + 3 h) redujo significativamente la EEC en un 58% en comparación con EP (6 h), logrando una decoloración completa.

Conclusiones

Se confirmó que el proceso EP fue es la más eficiente. Se determinó el potencial de usar EP y el proceso combinado PC-EP para tratar de manera efectiva las aguas residuales reales de la República de China.



## FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO

**Título:** MgAl-LDH@Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> based heterogeneous electro-Fenton process for the concentrated liquor of gas field wastewater treatment: Optimization, mechanism, and stability.

Año de publicación  
2021

Revista indexada:  
Scopus

Área geográfica:  
Asia - China

Autor (es):

Li, Q., Li, H.-Q., Rao, Q., Yang, P.

Objetivos

Determinar si las partículas de MgAl-LDH @ Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> se sintetizaron con éxito como catalizadores del sistema heterogéneo de electro-Fenton (EF) para degradar eficazmente los contaminantes orgánicos refractarios en el CL-GFW.

Categorías

Eficiencia de remoción

Resultados

Las partículas ampliaron el rango de pH del proceso EF en condiciones óptimas. La mayor eficiencia de eliminación de DQO podría alcanzar el 88,18% después de 4 h con un pH de 5. Los efectos sinérgicos de la oxidación activa de los radicales libres, la catálisis mejorada y la complicación de la superficie contribuyeron a la degradación de los orgánicos recalcitrantes en el proceso heterogéneo de EF. Los ensayos de electrocatálisis y EF homogéneos mostraron tasas de degradación de DQO más bajas de 45,68% y 62,86% en comparación con los EF heterogéneos.

Conclusiones

Se determinó la excelente estabilidad y reutilización de las partículas en el heterogéneo sistema EF a través de cinco experimentos cíclicos con baja producción de lodos y tasa de lixiviación de metales.



## FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO

**Título:** Removal of caffeine from wastewater using electrochemical advanced oxidation process: A mini review.

Año de publicación  
2021

Revista indexada:  
Scopus

Área geográfica:  
Asia - India

Autor (es):

Raj, R., Tripathi, A., Das, S., Ghangrekar, M.M.

Objetivos

Estudiar los diferentes procesos de oxidación avanzada electroquímica (EAOP), a saber, el proceso de oxidación anódica (AO) y el proceso de electro-Fenton (EF) como técnicas alternativas para la eliminación de cafeína de las aguas residuales.

Categorías

Proceso de Oxidación Avanzada

Resultados

Los EAOP son tecnologías robustas y ecológicas, donde los contaminantes parcialmente degradables y recalcitrantes se oxidan completamente a través de radicales hidroxilos generados in situ sin producir ningún lodo. Sin embargo, hay pocos desafíos clave que se encuentran durante la operación de los EAOP, como el alto consumo de energía, la aplicación de costosos electrodos y productos químicos y la formación de subproductos tóxicos que hacen que la tecnología sea inviable para su aplicación a escala de campo.

Conclusiones

Aclara la comprensión de los desafíos clave que se encuentran durante la operación de los EAOP y los parámetros críticos que afectan la eficiencia de remoción junto con las áreas potenciales para futuras investigaciones para superar los inconvenientes de los EAOP para convertirlos en tecnología sostenible para aplicaciones a escala de campo.



## FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO

**Título:** A novel bio-electro-Fenton process for eliminating sodium dodecyl sulphate from wastewater using dual chamber microbial fuel cell.

Año de publicación  
2021

Revista indexada:  
Scopus

Área geográfica:  
Asia - India

Autor (es):

Sathe, S.M., Chakraborty, I., Sankar Cheela, V.R., (...), Dubey, B.K., Ghangrekar, M.M.

Objetivos

Desarrollar una pila de combustible microbiana bio-electro-Fenton (BEF-MFC) para la degradación del dodecilsulfato de sodio (SDS) de las aguas residuales.

Categorías

Proceso de Oxidación Avanzada

Resultados

El catalizador de cátodo sintetizado (carbón activado en polvo y óxido de hierro) facilitó la reacción de Fenton en la cámara catódica del MFC, generando al mismo tiempo una densidad de potencia máxima de 105,67 mW m<sup>-2</sup>. El rendimiento general del BEF-MFC para la eliminación de SDS y la generación de energía superó al MFC de control (C-MFC) que tiene un cátodo revestido con negro de humo en condiciones de funcionamiento similares. Aunque la tasa de degradación de SDS fue favorable en pH ácido, bajo pH neutro, se logró 70,8 ± 6,4% de degradación de SDS en 120 min en BEF-MFC.

Conclusiones

Una comparación de los impactos ambientales de BEF-MFC con MFC de flujo ascendente y oxidación electroquímica utilizando la herramienta de evaluación del ciclo de vida sugiere que BEF-MFC puede ser una de las tecnologías prometedoras para el tratamiento terciario de aguas residuales.



## FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO

**Título:** A review of recent advances in electrode materials for emerging bioelectrochemical systems: From biofilm-bearing anodes to specialized cathodes.

Año de publicación  
2021

Revista indexada:  
Scopus

Área geográfica:  
América - México

Autor (es):

Mier, A.A., Olvera-Vargas, H., Mejía-López, M., (...), Sebastian, P.J., Arias, D.M.

Objetivos

Analizar los avances en materiales de electrodos innovadores para BES emergentes.

Categorías

Proceso de Oxidación Avanzada

Resultados

Las estrategias de modificación de electrodos incluyen MEC acoplado a digestión anaeróbica (MEC-AD), Células de desalinización microbiana (MDC), planta-MFC (P-MFC), humedales artificiales-MFC (CW). -MFC) y microbiano electro-Fenton (BEF).

Conclusiones

Existen estrategias innovadoras de modificación de electrodos para mejorar la cinética de transferencia de electrodos en cada BES emergente.





## FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO

Título:

Optimización del proceso Fenton en el tratamiento de lixiviados de rellenos sanitarios

Año de publicación  
2016

Revista indexada:  
Scielo

Área geográfica:  
América del sur - Perú

Autor (es):

Medina Valderrama, Carlos Javier, Montero del Águila, Edgar Michel, Cruz Pio, Liz Erika

Objetivos

Determinar las características fisicoquímicas del lixiviado del RSAV, calcular su biodegradabilidad, encontrando la dosis óptima de adición del reactivo Fenton y Ph.

Categorías

Parámetros reducidos

Resultados

En épocas de lluvia: Se disminuyó la alcalinidad (27%), disminuye la dureza total (45%), mejoró el valor de turbidez (98%), disminuye de sólidos totales (51%), disminución de plomo (40%), disminución de cadmio (100%), el índice de biodegradabilidad fue 0,568. Por otro lado, en las épocas de estiaje: reducción de la dureza total (54%), reducción de la alcalinidad (24%), reducción de sólidos totales (43%), reducción de turbidez (65%), y, el índice de biodegradabilidad fue 0,329

Conclusiones

En época de estiaje hubo mayor concentración de contaminantes que en épocas de lluvia, siendo el tiempo de contacto óptimo de 20 minutos



## FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO

Título:

Condiciones óptimas para oxidar fenol en agua vía los procesos fenton y foto-fenton

Año de publicación  
2017

Revista indexada:  
Scielo

Área geográfica:  
América del sur - Perú

Autor (es):

H. A. Blas López, G. H. Lopesa  
, A. C. Silva Costa Teixeira, C. E. Flores Barreda,  
P. A. Pantoja

Objetivos

Analizar la relación del fenton y foto-fenton con el fenol bajo condiciones óptimas

Categorías

Proceso de oxidación avanzada

Resultados

El proceso foto-fenton redujo el contaminante hasta 9 puntos porcentuales más que el proceso fenton. Las degradaciones varió del 85,3% a 96,4% en el proceso fenton y de 91,3% a 99,7% para el proceso foto-fenton. En el proceso fenton se obtuvo concentración de sulfato ferroso de 5.5 y en el proceso foto-fenton de 6.0. En el proceso fenton se obtuvo concentración de peróxido de hidrógeno de 3.0 y en el proceso foto-fenton de 2.4

Conclusiones

El proceso de fenton y foto-fenton llega a degradar cerca al 100% en soluciones acuosas, complementado con la luz ultravioleta con concentraciones molares iniciales de 38.4



## FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO

**Título:**

Tratamiento electroquímico de una emulsión acuosa de ácido palmítico empleando un electrodo de fieltro gráfico modificado con hierro

Año de publicación  
2019

Revista indexada:  
Scielo

Área geográfica:  
América del sur - Perú

**Autor (es):**

Ángel G. Castro, Maynard J. Kong

**Objetivos**

Controlar de forma electroquímica la cantidad del agente coagulante a través del uso de ánodos de fieltro gráfico recubiertos con hierro y catalizar el proceso electro-fenton

**Categorías**

Proceso de oxidación avanzada

**Resultados**

Los niveles de reducción de DQO y turbidez son significativos al alcanzar casi el 75% en la demanda química de oxígeno y cerca de 90% en la turbidez nefelométrica en un tiempo de 30 minutos

**Conclusiones**

La condición óptima para recubrir el fieltro gráfico se da mediante deposición catódica de películas metálicas de hierro empleando  $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)$  y pH cerca de 3. El 35,4% de hierro oxidado muestra tener la capacidad de actuar como coagulante y como catalizador de la reacción del electro-fenton



## FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO

Título:

Optimización de la remoción de compuestos orgánicos persistentes mediante el proceso foto-fenton

Año de publicación  
2019

Revista indexada:  
Scielo

Área geográfica:  
América del sur - Perú

Autor (es):

César Gutiérrez, Alex Pilco

Objetivos

Aplicar la metodología de superficie de respuesta para evaluar la condición óptima experimental y remover los compuestos orgánicos del agua residual textil al usar reactor fotoquímico

Categorías

Proceso de oxidación avanzada

Resultados

En el tratamiento la relación de reactivos Fenton  $H_2O_2 / Fe^{2+}$ , mg/L/mg/L se obtuvo valor óptimo de 17 mg/mg. En la potencia de lámpara UV, W se obtuvo un valor óptimo de 4 W. El pH tuvo un valor óptimo de 3. El tiempo de tratamiento en minutos fue un valor óptimo de 180. La demanda química de oxígeno resultó 200 mg  $O_2/L$ . Se removió hasta un 86% con el proceso de foto-fenton respecto al DQO

Conclusiones

El estudio resultó una relación de reactivos fenton  $H_2O_2 / Fe^{2+}$  igual a 17 mg/mg con potencia de lámpara UV a 4 W y Ph igual a 3 en tiempo aproximado de 180 minutos



## FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO

Título:

Reúso En Procesos De Blanqueo Textil De Los Efluentes Provenientes De Tinturas Con Colorantes Reactivos Negros Decolorados Mediante El Método De Fenton

Año de publicación  
2020

Revista indexada:  
Scielo

Área geográfica:  
América del sur - Perú

Autor (es):

Carmen L. Uribe Valenzuela, Melissa J. Caballero Bustosa, Percy O. Cárdenas Torres, Emilia G. Hermoza Guerra

Objetivos

Remover las impurezas, pigmentos naturales del sustrato y conferir una hidrofiliidad que permita al textil ser teñido sin inconvenientes

Categorías

Eficiencia de remoción

Resultados

Reúso de efluentes en procesos de blanqueo químico por agotamiento con diferentes dosis del proceso fenton, utilizando normas internacionales para empresas textiles peruanas para determinar características de la hidrofiliidad, capilaridad, dejando como resultado la remoción de impurezas, ceras y/o aceites

Conclusiones

La decoloración de efluentes textiles reales mediante fenton es viable para tratar efluentes de tinturas con colorantes reactivos y posterior reúso. Las relaciones óptimas del reactivo fenton en 9 minutos son con pH de 3,70 y 3,88 para efluentes textiles



## FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO

Título:

Comparación de Photo Electro-fenton Proceso (PEF) y combinación de PEF Biorreactor de proceso y membrana en el tratamiento de los lixiviados de vertederos

Año de publicación  
2015

Revista indexada:  
ScienceDirect

Área geográfica:  
Asia - India

Autor (es):

Nivya T K, Minimol Pieus T

Objetivos

Comparar los resultados del EF combinado con el biorreactor de proceso y membrana al tratar los lixiviados de vertederos

Categorías

Parámetros reducidos

Resultados

La alta concentración de biomasa en combinación con el efecto de filtración aumenta la concentración de la concentración real de sustrato en el biorreactor, aumentando su disponibilidad y acelerando la biodegradación. El rendimiento de MBR se explica por la presencia de bacterias dispersas siendo ventajosas en la competencia de la población en general. Se trata las aguas residuales sintéticas mediante proceso EF

Conclusiones

El efluente se trata biológicamente con biorreactor de membrana con porcentaje de eficiencia de 89.3, 71.9, 83.6, 65, 100, 58, 92.3 y 65 con respecto al TSS, DBO, DQO, nitrógeno amoniacal, fosfato, sulfato, sulfuro y cloruro respectivamente en el proceso electro-fenton

**Título:**

Electrochemical Treatment of Wastewater by Electro-Fenton, Photo-Electro-Fenton, Pressurized-Electro-Fenton and Pressurized Photo Electro-Fenton: A First Comparison of these Innovative Routes

Año de publicación  
2021

Revista indexada:  
Scopus

Área geográfica:  
Europa - Italia

**Autor (es):**

Ma, P., Prestigiaco, C., Proietto, F., Galia, A., Scialdone, O.

**Objetivos**

Analizar los resultados de comparación en el tratamiento electroquímico de aguas residuales por electro-fenton, foto-electro-fenton, electro-fenton presurizado y foto-electro-fenton presurizado

**Categorías**

Eficiencia de remoción

**Resultados**

El proceso de electro-fenton logró reducir relativamente las concentraciones de los orgánicos debido a las reacciones parasitarias como H<sub>2</sub> y reducción catódica. La utilización de PEF en lugar de EF permitió incrementar la disminución de la concentración orgánica

**Conclusiones**

Se demostró que el PEF y el PfEF aceleran fuertemente el tratamiento de los tres sustratos orgánicos modelo adoptados como el ácido fórmico, ácido oxálico, y ácido orange. El PrPEF puede considerarse como un enfoque nuevo y poderoso para eliminar



## FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO

**Título:**

Multi-objective optimization of the Fenton process for the treatment of soluble coffee wastewater

Año de publicación  
2018

Revista indexada:  
Scopus

Área geográfica:  
América del sur -  
Colombia

**Autor (es):**

Ibarra-Taquez, H.N., Dobrosz-Gómez, I., Gómez, M.-A.

**Objetivos**

Evaluar el proceso fenton en el tratamiento de aguas residuales provenientes de la industria del café utilizando diseño experimental Box-Behnken y metodología de la superficie de respuesta

**Categorías**

Eficiencia de remoción

**Resultados**

Se alcanzó la más alta reducción de contaminantes con concentración de peróxido y concentración de hierro intermedio de 6000 mg/L y 300 mg/L respectivamente y Ph de 2.5 y con una reducción de calor de 84.16% y reducción de DQO de 75.83%. Los costos de operación para el tratamiento por el proceso fenton son más económicos que cuando se utilizan otros procesos avanzados de oxidación, generalmente con otros tipos de aguas como el de clorofenol.

**Conclusiones**

Al aplicar el proceso fenton se cumplió la normativa y límites de concentración de DQO, alcanzando un DQO de 80.5% y pH a 3.73



**Título:**

Wastewater treatment of industrial loads with advanced oxidation in conventional systems

Año de publicación  
2018

Revista indexada:  
Scopus

Área geográfica:  
América del sur –  
Ecuador

Autor (es):

Proaño, R.G.S., Gualoto, K.J.G.

Objetivos

Aplicar el proceso de oxidación avanzada de fenton modificado en condiciones óptimas de reactivos  $\text{FeSO}_4 / \text{H}_2\text{O}_2 = 1$  y  $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7 / \text{H}_2\text{O}_2 = 2$  y aumentar el índice de biodegradabilidad a 0,46 y reducir la DBO5 y DQO en eficiencias de 12,54% y 44,4% respectivamente

Categorías

Proceso de oxidación avanzada

Resultados

Los resultados de la mezcla muestran valores altos con respecto al DBO5 y DQO, así mismo los valores de biodegradabilidad de la materia orgánica se incrementaron con valor óptimo en una de las mezclas de 20 mg/L de  $\text{H}_2\text{O}_2$ , 10 mg/L de  $\text{FeSO}_4$  y 20 mg/L de  $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$  con un valor de pH no óptimo para la reacción fenton

Conclusiones

Las condiciones óptimas para la reacción fenton fuer  $\text{FeSO}_4 / \text{H}_2\text{O}_2 = 1$  y  $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7 / \text{H}_2\text{O}_2 = 2$ ; con adición de 10 mg/L de  $\text{H}_2\text{O}_2$ , de esta manera se redujo los parámetros de DQO y DBO5 con eficiencias de 33,4% y 12,54% respectivamente



## FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO

Título:

Mechanochemically Sulfidated Zero Valent Iron as an Efficient Fenton-like Catalyst for Degradation of Organic Contaminants

Año de publicación  
2017

Revista indexada:  
Scopus

Área geográfica:  
Asia - China

Autor (es):

Huang, D., He, J., Gu, Y., He, F.

Objetivos

Aplicar el método fenton de hierro de valencia cero sulfurado mecanoquímicamente (S-ZVI) a partir de molienda de bolas de ZVI y polvo de azufre para la eliminación total de fenol normalizada del área superficial

Categorías

Proceso de oxidación avanzada

Resultados

En condiciones de pH más alto el  $H_2O_2$  se descompuso en  $H_2O$  y oxígeno molecular, seleccionando al etanol como extintor y agregando al sistema de reacción para descontaminar los contaminantes. Resultando que aparece gran cantidad de nanopartículas en la superficie de las partículas S-ZVI cubiertas por EDS después de la reacción, siendo relación S/Fe de 0,1, resultando mucho más baja que el tamaño de partícula inicial. Las nanopartículas resultantes son óxidos de hierro hidratados como FeOH

Conclusiones

Los resultados de SEM-EDS mostraron que la oxidación de S-ZVI por  $H_2O$  resultó en la formación de nanopartículas de hidróxido de hierro en la superficie de la partícula y el análisis de Tafel de los electrodos modificados con S-ZVI y ZVI demostró que S-ZBVI tiene mayor tasa de transferencia de electrones que facilita y resulta en una liberación de  $Fe^{2+}$  más rápida y activación de  $H_2O_2$ , mejorando la degradación de contaminantes



## FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO

**Título:**

Addition of lignin-derived phenols in fenton processes to increase degradation of the Diazo Dye Bismarck Brown y

Año de publicación  
2017

Revista indexada:  
Scopus

Área geográfica:  
América del sur - Brasil

**Autor (es):**

Souza, J.L., Aguiar, A.

**Objetivos**

Evaluar la degradación de Pardo Bismarck Y, tinte diazo por procesos fenton, dicha evaluación fue mediante la decoloración del tinte en solución en presencia de seis FDL: ácidos ferúlicos, siríngico y vainillo, alcohol vanílico, siringaldehído y vainillina

**Categorías**

Proceso de oxidación avanzada

**Resultados**

Los iones FDL y Fe no interfirieron en el análisis de decoloración de Pardo Bismarck. La reacción de fenton tiene la constante más alta velocidad de reacción específica. En cuanto a la presencia de FDL en el tratamiento de fenton solo vainillina y ácido vanílico aumentaron la decoloración del pardo de Bismarck Y, en cuanto a la decoloración del tinte diazo en relación con el tratamiento fue a partir de 20 minutos con ácidos ferúlico y siríngico y siringaldehído los más eficientes. La adición de FDL en los procesos de fenton no fueron triviales por su alto costo en el tratamiento de efluentes como los de la industria textil.

**Conclusiones**

La reacción de fenton no aumentó significativamente la decoloración del tinte, mientras se incrementa en consumo de  $H_2O_2$  por presencia de FDL resultó un aumento en la decoloración del teñir.



## FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO

Título:

Mechanistic study of the fenton and cupro-fenton reactions by voltammetric analysis in situ

Año de publicación  
2017

Revista indexada:  
Scopus

Área geográfica:  
América del sur – Brasil

Autor (es):

Friedrich, L.C., Zanta, C.L.P.S., Machulek, A.,  
Quinab, F.H.

Objetivos

Analizar in situ las reacciones fenton y cupro-fenton mediante análisis voltamétrico

Categorías

Proceso de oxidación avanzada

Resultados

En estudios de degradación del fenol, se encontró que el ácido oxálico inhibe la reacción de fenton debido a la eliminación del hierro de la solución por complicación. El efecto inhibitor de los ácidos alifáticos sobre la reacción de fenton se evaluó añadiendo 0,5 mol/L de ácido oxálico, ácido fórmico o ácido acético. Hubo una reducción del 90% en la concentración de catecol en la reacción de fenton como la reacción cupro-fenton

Conclusiones

La degradación del fenol mostró una sinergia positiva y significativa debido a la reacción del fenton en presencia de iones de hierro y cobre. Los estudios electroquímicos y cromatográficos proporcionan evidencia directa del efecto catalítico del catecol sobre el reciclaje de pares de Fe y Cu

**Título:**

Oxidation of benzo(a)pyrene in aqueous matrices by cobalt doped magnetite combined with hydrogen peroxide

**Año de publicación**  
2017

**Revista indexada:**  
Scopus

**Área geográfica:**  
América del sur - Brasil

**Autor (es):**

Biazati, L.B., Moreira, T.F.M., Neto, R.R., (...),  
Freitas, M.B.J.G., Lelis, M.F.F.

**Objetivos**

El propósito de este trabajo fue estudiar la viabilidad de un proceso de degradación de benzo (a) pireno en matrices acuosas por oxidación con reactivo de Fenton y utilización de magnetitas puras y dopadas (con iones  $Co^{+2}$  reemplazando algunos de los iones  $Fe^{2+}$ ) y peróxido de hidrógeno

**Categorías**

Proceso de oxidación avanzada

**Resultados**

En las mejores condiciones experimentales, se realizó una reacción tipo Fenton modificada a pH casi neutro (pH = 6,0); Dosis de  $H_2O_2 = 0,3$  mol. L; benzo (a) pireno =  $4,0$  mg.  $L^{-1}$  y magnetitas dopadas con  $Co + 2 = 30,0$  mg. La presencia de  $Co + 2$  en la estructura de la magnetita produjo un notable aumento en la degradación del benzo (a) pireno. Fue posible eliminar aproximadamente el 53,0% de benzo (a) pireno en 300 minutos de reacción a  $25^\circ C$

**Conclusiones**

Este estudio mostró que la degradación de benzo (a) pireno por magnetitas dopadas con cobalto es un proceso viable en matrices de agua. Se observó que la sustitución de algunos iones  $Fe^{2+}$  por iones  $Co + 2$  en la magnetita produjo un aumento en la actividad de degradación del benzo (a) pireno. Este estudio mostró que la degradación de benzo (a) pireno por magnetitas dopadas con cobalto es un proceso viable en matrices de agua



## FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO

**Título:**

Photocatalysis/adsorption for total organic carbon removal present in condensed steam cooking generated in poultry by-products treatment

Año de publicación  
2017

Revista indexada:  
Scopus

Área geográfica:  
América del sur -  
Colombia

**Autor (es):**

López-Vásquez, A.F., Franco-Macias, J.M.,  
Montes-Alba, E.J.

**Objetivos**

Evaluar la remoción de carbono orgánico total (COT) presente en un efluente generado por la industria del reciclaje, mediante fotocatalisis (foto-Fenton) y adsorción de carbón activad

**Categorías**

Eficiencia de remoción

**Resultados**

El índice de biodegradabilidad del agua residual (DBO<sub>5</sub>/DQO) del VCC fue de 0.34, lo que significa que es un efluente poco biodegradable y un simple tratamiento biológico no sería suficiente para remover la carga orgánica contaminante presente en el vertimiento. Bajo las condiciones actuales, la descarga del vertimiento sin ningún tipo de tratamiento provocaría la pérdida de las cualidades organolépticas del medio receptor (olor, sabor, turbidez), lo que daría inicio o aceleraría los procesos de eutrofización

**Conclusiones**

Los resultados del diseño experimental para el tratamiento fotocatalítico homogéneo (foto-Fenton) señalaron que ambas variables (dosis de Fe(II) y volumen de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) afectan significativamente la remoción de COT. El equilibrio del proceso sugiere que la adsorción se produce en una superficie homogénea por monocapa en la que existen sitios individuales fijos que adsorben igualmente solo una molécula



## FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO

Título:

Treatability study of leachate generated in a controlled landfill

Año de publicación  
2017

Revista indexada:  
Scopus

Área geográfica:  
América del sur - Brasil

Autor (es):

Vasconcelos, D.V., Silva, L.L.S., Guerra, I.L., Campos, J.C.

Objetivos

Evaluar los procesos de coagulación / floculación, adsorción sobre carbón activado en polvo (PAC) y reacción con Fenton para reducir la concentración de contaminantes y aumentar la biodegradabilidad del lixiviado

Categorías

Eficiencia de remoción

Resultados

El lixiviado presenta características de efluente de difícil tratamiento, debido a la alta concentración de materia orgánica recalcitrante (baja relación DBO / DQO, 0,23). Este análisis indica que el efluente necesitaría pasar por un pretratamiento antes de ser tratado biológicamente, para aumentar el índice de biodegradabilidad. Estas características confirman que el lixiviado proviene de residuos más estabilizados, pues en estas condiciones existe la presencia de ácidos fúlvicos y húmicos, compuestos de difícil degradación biológica. Estos ácidos contribuyen a la coloración oscura del lixiviado, que se pudo observar en todas las muestras y se confirma por los altos valores de color y Abs 254

Conclusiones

Se establecieron dos condiciones óptimas para el proceso de adsorción sobre carbón activado en polvo en el tratamiento de lixiviados, con 3 y 5 g L<sup>-1</sup> de carbón, y estas condiciones obtuvieron eficiencias de remoción de DQO de 62.5% y 69%, respectivamente. La Reacción de Fenton fue el tratamiento que presentó mejores porcentajes de remoción, obteniendo eficiencias de remoción de DQO entre 58.12 a 82.30%, siendo elegida como mejor condición la que utilizó las relaciones DQO: H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> iguales a 1: 1 y Fe: H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> igual a 1: 3 y obtuvo 78.42% de remoción



## FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO

Título:

Preparation of Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/ZSM-5 system for use as catalyst in photo-Fenton reaction

Año de publicación  
2016

Revista indexada:  
Scopus

Área geográfica:  
América del sur - Brasil

Autor (es):

De Oliveira, J.S., Drumm, F.C., Mazutti, M.A., Foletto, E.L., Jahn, S.L.

Objetivos

Evaluar la preparación de nanopartículas de óxido de hierro soportadas en zeolita ZSM-5 para su uso como catalizador en la degradación de un contaminante orgánico en solución acuosa mediante el proceso foto-Fenton

Categorías

Eficiencia de remoción

Resultados

Revelaron la formación de un sistema Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> / ZSM-5 que contiene propiedades intrínsecas que dieron como resultado una actividad catalítica satisfactoria, superior al óxido de hierro. Además, el sistema presentó una excelente actividad y estabilidad después de tres ciclos de reutilización. El sistema Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> / ZSM-5 preparado en este trabajo es un catalizador prometedor para su uso en la reacción foto-Fenton para la degradación de contaminantes orgánicos en soluciones acuosas. La impregnación con nanopartículas de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> por el método de impregnación incipiente, proporcionó la formación de un catalizador con propiedades intrínsecas para la foto. -reacción Fenton

Conclusiones

Se mostraron que el sistema Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> / ZSM-5 fue significativamente más eficiente en relación al óxido de hierro utilizado como referencia en la degradación del tinte. Además, la eficiencia y estabilidad del catalizador Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> / ZSM-5 se mantuvo en gran medida después de tres ciclos de reutilización, lo que demuestra que este catalizador puede ser prometedor para la degradación de contaminantes orgánicos presentes en soluciones acuosas.



**Título:**

Distillery Wastewater Decontamination by the Fenton Advanced Oxidation Method

**Año de publicación**  
2015

**Revista indexada:**  
Scopus

**Área geográfica:**  
Asia - Nigeria

**Autor (es):**

Augustine O. Ayeni, Opeyemi A. Adeeyo, Temitayo E. Oladimeji

**Objetivos**

 Evaluar el efecto del proceso de oxidación avanzada de Fenton en el tratamiento de aguas residuales industriales (destilería) al comparar los efectos de las cargas de  $Fe^{2+}$ , las dosis de  $H_2O_2$  (2% (v / v) y 4% (v / v)), la temperatura de reacción y el tiempo de reacción

**Categorías**

Proceso de oxidación avanzada

**Resultados**

Se mostró que el color de la muestra se eliminó por completo. Esto se debió a que el espectrofotómetro UV-visible no detectó ningún valor máximo, y esto fue un buen rasgo característico para las aguas residuales tratadas. El agua residual cruda mostró que la concentración de DQO (mg / l) era mayor que la concentración de DBO (43,85 mg / l). La concentración de DBO en la materia prima no fue tan pronunciada como la concentración de DQO. Como resultado, el pretratamiento provocó poco o ningún cambio en la concentración de DBO. El porcentaje de eliminación de DBO varió solo entre el 21 y el 25%

**Conclusiones**

El método de oxidación avanzado, como el reactivo de Fenton, se utiliza para mejorar la biodegradabilidad de las aguas residuales industriales, como las de una destilería, junto con una menor toxicidad, menor DQO y eliminación de color. Las mejores condiciones operativas para el tratamiento de las aguas residuales de la destilería contienen mg / l de concentración de DBO y mg / l de concentración de DQO en la materia prima fueron dosificación de  $H_2O_2$  al 2% a cargas constantes de  $Fe^{2+}$  (1,5 g), 80 °C temperatura de pretratamiento y tiempo de reacción de 1 hora.

**Título:**

Degradation of endosulfan by a coupled treatments in a batch reactor with three electrodes

**Año de publicación**  
2020

**Revista indexada:**  
Scopus

**Área geográfica:**  
América del norte -  
México

**Autor (es):**

Rodríguez-Peña M.a,Barrios J.A.b,Becerril-Bravo E.b,Rodrigo M.A.c,Barrera-Díaz C.E.a

**Objetivos**

 Comparación y muestra de los resultados de los tres procesos de oxidación avanzados integrados: electro-fenton / electro oxidación / ozonización (EF / EO / O<sub>3</sub>) a la degradación del endosulfán

**Categorías**

Proceso de oxidación avanzada

**Resultados**

 El proceso de electro oxidación con electrodos de diamante dopado con boro (BDD) logró el 49% de la eficiencia de degradación del endosulfán en 2 h, el proceso de ozonización eliminó el 62% en 2 h y el electro-fenton permite un 72% de eficiencia de degradación del endosulfán. El proceso integrado EO / O<sub>3</sub> mejoró la remoción en un 89% en 2 h pero el EF / EO / O<sub>3</sub> aumenta la remoción al 92% y disminuye el tiempo de tratamiento a solo 1 h, optimizando el proceso con un menor consumo energético

**Conclusiones**

 La configuración de electrodos que mejoró la degradación del endosulfán fue hierro (ánodo), grafito (cátodo) y grafito (ánodo), los electrodos de grafito lograron la mayor producción de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> y esto es una ventaja para el proceso, ya que este material es más económico. que BDD. La electrogeneración in situ de todas las especies oxidantes permite que el proceso sea sostenible

**Título:**

Treatment of phenol formaldehyde production wastewater by electrooxidation-electro-fenton successive processes

Año de publicación  
2019

Revista indexada:  
Scopus

Área geográfica:  
Asia - Turquía

**Autor (es):**

Akyol, A., Samuk, B., Kobya, M., Demirbas, E.

**Objetivos**

Evaluar los procesos sucesivos de electro oxidación (EO) y electro-Fenton (EF) que se llevarán a cabo en un reactor electrolítico discontinuo utilizando electrodos de grafito (Gr) y acero inoxidable (Ss)

**Categorías**

Eficiencia de remoción

**Resultados**

Las eficiencias de eliminación de PFPW pretratadas fueron aumentó gradualmente del 44% al 60% para DQO y de 47% a 55% para TOC a 25 min cuando la corriente la densidad se incrementó de 0,1 a 10 mA / cm<sup>2</sup>. Las eficiencias de remoción se incrementaron al 75% para DQO y 59% para TOC. A medida que se incrementó la densidad de corriente, La concentración de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> se incrementó dando lugar a existencias de una mayor concentración de hidroxilo e hidroperoxilo radicales en menos tiempo

**Conclusiones**

La eliminación de fenol, TOC y DQO de PFPW fueron evaluados en términos de varios parámetros operativos, a saber, densidad de corriente, tiempo de operación, pH, concentración de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> y adición de NaCl. El estudio actual mostró que el EO y FE para el tratamiento de PFPW utilizando electrodos de grafito y hierro son procesos eficaces y prometedores



## FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO

**Título:**

Decolorization of distillery spent wash effluent by electro oxidation (EC and EF) and Fenton processes: A comparative study

Año de publicación  
2015

Revista indexada:  
Scopus

Área geográfica:  
Asia - India

**Autor (es):**

David, C., Arivazhagan, M., Tuvakara, F.

**Objetivos**

Evaluar el rendimiento de los tres procesos para degradar materia orgánica altamente concentrada en forma de color en el lavado gastado de la destilería a través de métodos oxidativos por lotes como la electrocoagulación (EC), electro-fenton (EF) y el proceso Fenton

**Categorías**

Parámetros reducidos

**Resultados**

Para EC, se logró una eliminación del color del 79% utilizando electrodos de hierro dispuestos con 0.5 cm de espacio entre electrodos y en condiciones óptimas de pH 7, intensidad de corriente de 5 A, velocidad de agitación de 300 rpm y en 2 h de tiempo de electrólisis. En EF, se observó un 44% de decoloración del lavado gastado utilizando electrodos de carbono (grafito) con condiciones óptimas de 0,5 cm de distancia entre electrodos, pH 3, intensidad de corriente de 4 A, 20 mg / L de FeSO<sub>4</sub> y velocidad de agitación de 400 rpm para 3 h de tiempo de electrólisis. Mediante el proceso Fenton, se logró una decoloración del 66% mediante el proceso Fenton en condiciones optimizadas de pH 3, 40 mg / L de reactivo de Fenton y a 500 rpm de velocidad de agitación durante 4 h de tiempo de tratamiento.

**Conclusiones**

Los experimentos en laboratorio dieron como resultado una eliminación del 92,77% del color de lavado gastado después de 96 horas de tratamiento, mientras que solo se observó una reducción de color limitada (25,30% y 13,58%) cuando se trató la misma concentración y volumen de lavado gastado con cultivo de *Pseudomonas aeruginosa* y PHB individualmente

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES:

**I.1.** Apellidos y Nombres: Dr. Ordoñez Gálvez, Juan Julio

**I.2.** Cargo e institución donde labora: Docente de la UCV.....

**I.3.** Nombre del instrumento motivo de evaluación: FICHA 1: Ficha de Síntesis, Recolección y Selección del estudio

**I.4.** Autor(A) de Instrumento: Quispe Machaca Luis Joel y Fernandez Inca Mirtha Yovani

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

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

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

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

SI

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Atentamente,

Juan Julio Ordoñez Gálvez

DNI: 08447308



## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES:

- a. Apellidos y Nombres: Dr. Ordoñez Gálvez, Juan Julio
- b. Cargo e institución donde labora: Docente de la UCV.....
- c. Nombre del instrumento motivo de evaluación: FICHA 2: Proceso del método de oxidación avanzada durante el tratamiento de aguas residuales industriales mediante Electro Fenton.
- d. Autor(A) de Instrumento: Quispe Machaca Luis Joel y Fernandez Inca Mirtha Yovani

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

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

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

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

SI

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Atentamente,

Juan Julio Ordoñez Gálvez

DNI: 08447308



## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES:

- a. Apellidos y Nombres: Dr. Ordoñez Gálvez, Juan Julio
- b. Cargo e institución donde labora: Docente de la UCV.....
- c. Nombre del instrumento motivo de evaluación: FICHA 3: Eficiencia de Remoción en tratamiento de aguas residuales industriales mediante el proceso Electro Fenton.
- d. Autor(A) de Instrumento: Quispe Machaca Luis Joel y Fernandez Inca Mirtha Yovani

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

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

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

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

SI

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Atentamente,

Juan Julio Ordoñez Gálvez

DNI: 08447308



## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES:

- a. Apellidos y Nombres: Dr. Ordoñez Gálvez Juan Julio
- b. Cargo e institución donde labora: Docente de la UCV.....
- c. Nombre del instrumento motivo de evaluación: FICHA 4: Características físicas y químicas modificadas durante el tratamiento de aguas residuales industriales mediante el proceso Electro Fenton.
- d. Autor(A) de Instrumento: Quispe Machaca Luis Joel y Fernandez Inca Mirtha Yovani

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

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

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

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

SI

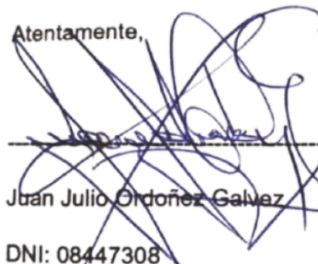

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90 %

Atentamente,

Juan Julio Ordoñez Gálvez

DNI: 08447308



## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

**I. DATOS GENERALES:**

- I.1.** Apellidos y Nombres: Dr. Munive Cerrón, Rubén Víctor
- I.2.** Cargo e institución donde labora: Docente de la UCV.....
- I.3.** Nombre del instrumento motivo de evaluación: FICHA 1: Ficha de Síntesis, Recolección y Selección del estudio
- I.4.** Autor(A) de Instrumento: Quispe Machaca Luis Joel y Fernandez Inca Mirtha Yovani

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:**

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

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:**

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

X

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

85%
-----



Dr. RUBEN MUNIVE CERRON  
CIP N° 38103

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES:

- a. Apellidos y Nombres: Dr. Munive Cerrón, Rubén Víctor
- b. Cargo e institución donde labora: Docente de la UCV.....
- c. Nombre del instrumento motivo de evaluación: FICHA 2: Proceso del método de oxidación avanzada durante el tratamiento de aguas residuales industriales mediante Electro Fenton.
- d. Autor(A) de Instrumento: Quispe Machaca Luis Joel y Fernandez Inca Mirtha Yovani

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

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

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

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

X

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85%
-----



Dr. RUBEN MUNIVE CERRON  
CIP N° 38103

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES:

- a. Apellidos y Nombres: Dr. Munive Cerrón, Rubén Víctor
- b. Cargo e institución donde labora: Docente de la UCV.....
- c. Nombre del instrumento motivo de evaluación: FICHA 3: Eficiencia de Remoción en tratamiento de aguas residuales industriales mediante el proceso Electro Fenton.
- d. Autor(A) de Instrumento: Quispe Machaca Luis Joel y Fernandez Inca Mirtha Yovani

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

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

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

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

X

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85%
-----



Dr. RUBEN MUNIVE CERRON  
CIP N° 38103

**I. DATOS GENERALES:**

- a. Apellidos y Nombres: Dr. Munive Cerrón, Rubén Víctor
- b. Cargo e institución donde labora: Docente de la UCV.....
- c. Nombre del instrumento motivo de evaluación: FICHA 4: Características físicas y químicas modificadas durante el tratamiento de aguas residuales industriales mediante el proceso Electro Fenton.
- d. Autor(A) de Instrumento: Quispe Machaca Luis Joel y Fernandez Inca Mirtha Yovani

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:**

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

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:**

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

X

**IV, PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

85 %
------



Dr. RUBEN MUNIVE CERRON  
CIP N° 38103

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES:

- a. Apellidos y Nombres: Dr. Benites Alfaro, Elmer Gonzales
- b. Cargo e institución donde labora: Docente de la UCV.....
- c. Nombre del instrumento motivo de evaluación: FICHA 1: Ficha de Síntesis, Recolección y Selección del estudio.
- d. Autor(A) de Instrumento: Quispe Machaca Luis Joel y Fernandez Inca Mirtha Yovani

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

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

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

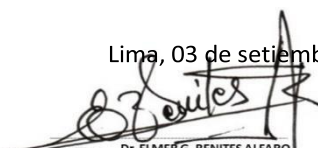
- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%
-----

Lima, 03 de setiembre del 2021

  
 Dr. ELMER G. BENITES ALFARO  
 Ing. Químico  
 Investigador CONCYTEC  
 Código Renacy P0034858  
 CIP 71998



## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES:

- a. Apellidos y Nombres: Dr. Benites Alfaro, Elmer Gonzales
- b. Cargo e institución donde labora: Docente de la UCV.....
- c. Nombre del instrumento motivo de evaluación: FICHA 2: Proceso del método de oxidación avanzada durante el tratamiento de aguas residuales industriales mediante Electro Fenton.
- d. Autor(A) de Instrumento: Quispe Machaca Luis Joel y Fernandez Inca Mirtha Yovani

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

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

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

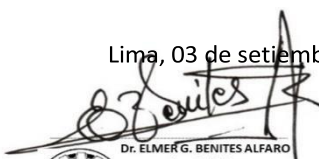
- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

x

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 03 de setiembre del 2021

  
 Dr. ELMER G. BENITES ALFARO  
 Ing. Químico  
 Investigador CONCYTEC  
 Código Renacy P0034858  
 CIP 71998



## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES:

- a. Apellidos y Nombres: Dr. Benites Alfaro Elmer Gonzales
- b. Cargo e institución donde labora: Docente de la UCV.....
- c. Nombre del instrumento motivo de evaluación: FICHA 3: Eficiencia de Remoción en tratamiento de aguas residuales industriales mediante el proceso Electro Fenton.
- d. Autor(A) de Instrumento: Quispe Machaca Luis Joel y Fernandez Inca Mirtha Yovani

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

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

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

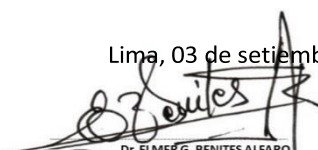
- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X


90%

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

Lima, 03 de setiembre del 2021



**Dr. ELMER G. BENITES ALFARO**  
 Ing. Químico  
 Investigador CONCYTEC  
 Código Renacy P0034858  
 CIP 71998



## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

**I. DATOS GENERALES:**

- a. Apellidos y Nombres: Dr. Benites Alfaro, Elmer Gonzales
- b. Cargo e institución donde labora: Docente de la UCV.....
- c. Nombre del instrumento motivo de evaluación: FICHA 4: Características físicas y químicas modificadas durante el tratamiento de aguas residuales industriales mediante el proceso Electro Fenton.
- d. Autor(A) de Instrumento: Quispe Machaca Luis Joel y Fernandez Inca Mirtha Yovani

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:**

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

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

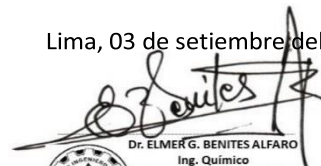
- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

90%
-----

Lima, 03 de setiembre del 2021



Dr. ELMER G. BENITES ALFARO  
 Ing. Químico  
 Investigador CONCYTEC  
 Código Renacy P0034858  
 CIP 71998





## Ficha de síntesis, recolección y selección del estudio

FICHA 1: Ficha de Síntesis, Recolección y Selección del estudio									
		<b>Título</b> Aplicación del proceso electro-fenton en el tratamiento de aguas residuales industriales: Una revisión sistemática							
		<b>Línea de Investigación</b> Calidad y Gestión de los Recursos Naturales							
		<b>Responsable</b> - Fernandez Inca, Mirtha Yovani - Quispe Machaca, Luis Joel							
		<b>Asesor</b> Dr. Rubén Víctor Munive Cerrón							
Nº	Autor	Título	Año de publicación	Revista indexada	Área geográfica	Categoría	Objetivos	Resultados	Conclusiones
01	Medina Valderrama, Carlos Javier, Montero del Águila, Edgar Michel, Cruz Pio, Liz Erika	Optimización del proceso Fenton en el tratamiento de lixiviados de rellenos sanitarios	2016	SCIELO	AMERICA DEL SUR	PARAMETROS REDUCIDOS	Determinar las características fisicoquímicas del lixiviado del RSAV, calcular su biodegradabilidad, encontrando la dosis óptima de adición del reactivo Fenton y Ph.	En épocas de lluvia: Se disminuyó la alcalinidad (27%), disminuye la dureza total (45%), mejoró el valor de turbidez (98%), disminuye de sólidos totales (51%), disminución de plomo (40%), disminución de cadmio (100%), el índice de biodegradabilidad fue 0,568. Por otro lado, en las épocas de estiaje: reducción de la dureza total (54%),	En época de estiaje hubo mayor concentración de contaminantes que en épocas de lluvia, siendo el tiempo de contacto óptimo de 20 minutos

								reducción de la alcalinidad (24%), reducción de sólidos totales (43%), reducción de turbidez (65%), y, el índice de biodegradabilidad fue 0,329	
02	H. A. Blas López, G. H. Lopesa, A. C. Silva Costa, C. Teixerab, E. Flores Barredaa, P. A. Pantoja	Condiciones óptimas para oxidar fenol en agua vía Los procesos fenton y foto-fenton	2017	SCIELO	AMERICA DEL SUR	PROCESO DE OXIDACION AVANZADA	Analizar la relación del fenton y foto-fenton con el fenol bajo condiciones óptimas	El proceso foto-fenton redujo el contaminante hasta 9 puntos porcentuales más que el proceso fenton. Las degradaciones varió del 85,3% a 96,4% en el proceso fenton y de 91,3% a 99,7% para el proceso foto-fenton. En el proceso fenton se obtuvo concentración de sulfato ferroso de 5.5 y en el proceso foto-fenton de 6.0. En el proceso fenton se obtuvo concentración de peróxido de hidrógeno de 3.0 y en el proceso foto-fenton de 2.4	El proceso de fenton y foto-fenton llega a degradar cerca al 100% en soluciones acuosas, complementado con la luz ultravioleta con concentraciones molares iniciales de 38.4
03	Ángel G. Castro,	Tratamiento electroquímico	2019	SCIELO	AMERICA DEL SUR	PROCESO DE	Controlar de forma	Los niveles de reducción de DQO	Las condiciones

	Maynard J. Kong	o de una emulsión Acuosa de ácido palmítico empleando un electrodo De fieltro grafitico modificado con hierro				OXIDACION AVANZADA	electroquímica a la cantidad del agente coagulante a través del uso de ánodos de fieltro grafitico recubiertos con hierro y catalizar el proceso electro-fenton	y turbidez son significativos al alcanzar casi el 75% en la demanda química de oxígeno y cerca de 90% en la turbidez nefelométrica en un tiempo de 30 minutos	óptimas para recubrir el fieltro grafitico se dan mediante deposición catódica de películas metálicas de hierro empleando $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)$ y pH cerca de 3. El 35,4% de hierro oxidado muestra tener la capacidad de actuar como coagulante y como catalizador de la reacción del electro-fenton
04	César Gutiérrez, Alex Pilco	Optimización de la remoción de compuestos Orgánicos persistentes mediante el proceso Foto-fenton	2020	SCIELO	AMERICA DEL SUR	PROCESO DE OXIDACION AVANZADA	Aplicar la metodología de superficie de respuesta para evaluar la condición óptima experimental y remover los compuestos orgánico del	En el tratamiento la relación de reactivos Fenton $\text{H}_2\text{O}_2 / \text{Fe}^{2+}$ , mg/L/mg/L se obtuvo valor óptimo de 17 mg/mg. En la potencia de lámpara UV, W se obtuvo un valor óptimo de 4 W. El	El estudio resultó una relación de reactivos fenton $\text{H}_2\text{O}_2 / \text{Fe}^{2+}$ igual a 17 mg/mg con potencia de lámpara UV a 4 W y Ph igual a 3

							agua residual textil al usar reactor fotoquímico	pH tuvo un valor óptimo de 3. El tiempo de tratamiento en minutos fue un valor óptimo de 180. La demanda química de oxígeno resultó 200 mg O <sub>2</sub> /L. Se removió hasta un 86% con el proceso de foto-fenton respecto al DQO	en tiempo aproximado de 180 minutos
--	--	--	--	--	--	--	--	---	-------------------------------------

05	Carmen L. Uribe Valenzuela, Melissa J. Caballero Bustosa, Percy O. Cárdenas Torres, Emilia G. Hermoza Guerra	Reúso en procesos de blanqueo textil de Los efluentes provenientes de tinturas con Colorantes reactivos negros decolorados Mediante el método de fenton	2020	SCIELO	AMERICA DEL SUR	EFICIENCIA DE REMOCION	Remover las impurezas, pigmentos naturales del sustrato y conferir una hidrofiliidad que permita al textil ser teñido sin inconvenientes	Reúso de efluentes en procesos de blanqueo químico por agotamiento con diferentes dosis del proceso fenton, utilizando normas internacionales para empresas textiles peruanas para determinar características de la hidrofiliidad, capilaridad, dejando como resultado la remoción de impurezas, ceras y/o aceites	La decoloración de efluentes textiles reales mediante fenton es viable para tratar efluentes de tinturas con colorantes reactivos y posterior reusó. Las relaciones óptimas del reactivo fenton en 9 minutos son con pH de 3,70 y 3,88 para efluentes textiles
06	Nivya T K, Minimol Pieus T	Comparación de Photo Electro-fentonProceso (PEF) y combinación de PEFBiorreactor de proceso y	2015	SCIENC EDIREC T	ASIA	PARAMETROS REDUCIDOS	Comparar los resultados del EF combinado con el biorreactor de proceso y membrana al tratar los	La alta concentración de biomasa en combinación con el efecto de filtración aumenta la concentración de la concentración real de sustrato en el biorreactor,	El efluente se trata biológicamente con biorreactor de membrana con porcentaje de eficiencia de 89.3, 71.9,

		membrana en el tratamiento de los lixiviados de vertederos					lixiviados de vertederos	aumentando su disponibilidad y acelerando la biodegradación. El rendimiento de MBR se explica por la presencia de bacterias dispersas siendo ventajosas en la competencia de la población en general. Se trata las aguas residuales sintéticas mediante proceso EF	83.6, 65, 100, 58, 92.3 y 65 con respecto al TSS, DBO, DQO, nitrógeno amoniacal, fosfato, sulfato, sulfuro y cloruro respectivamente en el proceso electro-fenton
07	Ma, P., Prestigiacomo, C., Proietto, F., Galia, A., Scialdone, O.	Electrochemical Treatment of Wastewater by Electro-fenton, Photo-Electro-fenton, Pressurized-Electro-fenton and Pressurized Photo Electro-fenton: A First Comparison of these Innovative Routes	2021	SCOPUS	EUROPA	EFICIENCIA DE REMOCION	Analizar los resultados de comparación en el tratamiento electroquímico de aguas residuales por electrofenton, foto-electrofenton, electro-fenton presurizado y foto-electrofenton presurizado	El proceso de electro-fenton logró reducir relativamente las concentraciones de los orgánicos debido a las reacciones parasitarias como H <sub>2</sub> y reducción catódica. La utilización de PEF en lugar de EF permitió incrementar la disminución de la concentración orgánica	Se demostró que el PEF y el PrPEF aceleran fuertemente el tratamiento de los tres sustratos orgánicos modelo adoptados como el ácido fórmico, ácido oxálico, y ácido Orange. El PrPEF puede considerarse como un enfoque nuevo y poderoso para eliminar

08	Ibarra-Taquez, H.N., Dobrosz-Gómez, I., Gómez, M.-A.	Multi-objective optimization of the Fenton process for the treatment of soluble coffee wastewater	2018	SCOPUS	AMERICA DEL SUR	EFICIENCIA DE REMOCION	Evaluar el proceso fenton en el tratamiento de aguas residuales provenientes de la industria del café utilizando diseño experimental Box-Behnken y metodología de la superficie de respuesta	Se alcanzó la más alta reducción de contaminantes con concentración de peróxido y concentración de hierro intermedio de 6000 mg/L y 300 mg/L respectivamente y Ph de 2.5 y con una reducción de calor de 84.16% y reducción de DQO de 75.83%. Los costos de operación para el tratamiento por el proceso fenton son más económicos que cuando se utilizan otros procesos avanzados de oxidación, generalmente con otros tipos de aguas como el de clorofenol.	Al aplicar el proceso fenton se cumplió la normativa y límites de concentración de DQO, alcanzando un DQO de 80.5% y pH a 3.73
09	Proaño, R.G.S., Gualoto, K.J.G.	Wastewater treatment of industrial loads with advanced oxidation in conventional systems	2018	SCOPUS	AMERICA DEL SUR	PROCESO DE OXIDACION AVANZADA	Aplicar el proceso de oxidación avanzada de fenton modificado en condiciones óptimas de reactivos	Los resultados de la mezcla muestran valores altos con respecto al DBO5 y DQO, así mismo los valores de biodegradabilidad de la materia orgánica se incrementaron con valor óptimo en	Las condiciones óptimas para la reacción fenton fuer $\text{FeSO}_4 / \text{H}_2\text{O}_2 = 1$ y $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7 / \text{H}_2\text{O}_2 = 2$ ;

							<p>FeSO<sub>4</sub>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> = 1y C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>7</sub>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> =2 y aumentar el índice de biodegradabilidad a 0,46 y reducir la DBO y DQO en eficiencias de 12,54% y 44,4% respectivamente</p>	<p>una de las mezclas de 20 mg/L de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, 10 mg/L de FeSO<sub>4</sub> y 20 mg/L de C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>7</sub> con un valor de pH no óptimo para la reacción fenton</p>	<p>con adición de 10 mg/L de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, de esta manera se redujo los parámetros de DQO y DBO5 con eficiencias de 33,4% y 12,54% respectivamente</p>
10	Huang, D., He, J., Gu, Y., He, F.	Mechanochemically Sulfidated Zero Valent Iron as an Efficient Fenton-like Catalyst for Degradation of Organic Contaminants	2017	SCOPUS	ASIA	PROCESO DE OXIDACION AVANZADA	<p>Aplicar el método fenton de hierro de valencia cero sulfurado mecanoquímicamente (S-ZVI) a partir de molienda de bolas de ZVI y polvo de azufre para la eliminación total de fenol normalizada del área superficial</p>	<p>En condiciones de pH más alto el H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> se descompuso en H<sub>2</sub>O y oxígeno molecular, seleccionando al etanol como extintor y agregando al sistema de reacción para descontaminar los contaminantes. Resultando que aparece gran cantidad de nanopartículas en la superficie de las partículas S-ZVI cubiertas por EDS después de la reacción, siendo</p>	<p>Los resultados de SEM-EDS mostraron que la oxidación de S-ZVI por H<sub>2</sub>O resultó en la formación de nanopartículas de hidróxido de hierro en la superficie de la partícula y el análisis de Tafel de los electrodos modificados con S-ZVI y ZVI demostró</p>



								relación S/Fe de 0,1, resultando mucho más baja que el tamaño de partícula inicial. Las nanopartículas resultantes son óxidos de hierro hidratados como FeOH	que S-ZBVI tiene mayor tasa de transferencia de electrones que facilita y resulta en una liberación de Fe <sup>2+</sup> más rápida y activación de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , mejorando la degradación de contaminantes
11	Souza, J.L., Aguiar, A.	Addition of lignin-derived phenols in fenton processes to increase degradation of the Diazo Dye Bismarck Brown y	2017	SCOPUS	AMERICA DEL SUR	PROCESO DE OXIDACION AVANZADA	Evaluar la degradación de Pardo Bismarck Y, tinte diazo por procesos fenton, dicha evaluación fue mediante la decoloración del tinte en solución en presencia de seis FDL: ácidos ferúlicos, siríngico y vainillo, alcohol vanílico,	Los iones FDL y Fe no interfirieron en el análisis de decoloración de Pardo Bismarck. La reacción de fenton tiene la constante más alta velocidad de reacción específica. En cuanto a la presencia de FDL en el tratamiento de fenton solo vainillina y ácido vanílico aumentaron la decoloración del pardo de bismarck Y, en cuanto a la decoloración del tinte diazo en	La reacción de fenton no aumentó significativamente la decoloración del tinte, mientras se incrementa en consumo de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> por presencia de FDL resultó un aumento en la decoloración del teñir.

							siringaldehído y vainillina	relación con el tratamiento fue a partir de 20 minutos con ácidos ferúlico y siríngico y siringaldehído los más eficientes. La adición de FDL en los procesos de fenton no fueron triviales por su alto costo en el tratamiento de efluentes como los de la industria textil.	
12	Friedrich, L.C., Zanta, C.L.P.S., Machulek, A., Quinab, F.H.	Mechanistic study of the fenton and cupro-fenton reactions by voltammetric analysis in situ	2017	SCOPUS	AMERICA DEL SUR	PROCESO DE OXIDACION AVANZADA	Analizar in situ las reacciones fenton y cupro-fenton mediante análisis voltamétrico	En estudios de degradación del fenol, se encontró que el ácido oxálico inhibe la reacción de fenton debido a la eliminación del hierro de la solución por complicación. El efecto inhibitorio de los ácidos alifáticos sobre la reacción de fenton se evaluó añadiendo 0,5 mol/L de ácido oxálico, ácido fórmico o ácido acético. Hubo una reducción del 90% en la concentración de catecol en la reacción de fenton	La degradación del fenol mostró una sinergia positiva y significativa debido a la reacción del fenton en presencia de iones de hierro y cobre. Los estudios electroquímicos y cromatográficos proporcionan evidencia directa del efecto

								como la reacción cupro-fenton.	catalítico del catecol sobre el reciclaje de pares de Fe y Cu.
13	Biazati, L.B., Moreira, T.F.M., Neto, R.R., (...), Freitas, M.B.J.G., Lelis, M.F.F.	Oxidation of benzo(a)pyrene in aqueous matrices by cobalt doped magnetite combined with hydrogen peroxide	2017	SCOPUS	AMERICA DEL SUR	PROCESO DE OXIDACION AVANZADA	El propósito de este trabajo fue estudiar la viabilidad de un proceso de degradación de benzo (a) pireno en matrices acuosas por oxidación con reactivo de Fenton y utilización de magnetitas puras y dopadas (con iones $\text{Co}^{+2}$ reemplazando algunos de los iones $\text{Fe}^{2+}$ ) y peróxido de hidrógeno	En las mejores condiciones experimentales, se realizó una reacción tipo Fenton modificada a pH casi neutro (pH = 6,0); Dosis de $\text{H}_2\text{O}_2 = 0,3 \text{ mol. L}^{-1}$ ; benzo (a) pireno = $4,0 \text{ mg. L}^{-1}$ y magnetitas dopadas con $\text{Co}^{+2} = 30,0 \text{ mg}$ . La presencia de $\text{Co}^{+2}$ en la estructura de la magnetita produjo un notable aumento en la degradación del benzo (a) pireno. Fue posible eliminar aproximadamente el 53,0% de benzo (a) pireno en 300 minutos de reacción a $25^\circ \text{C}$	Este estudio mostró que la degradación de benzo (a) pireno por magnetitas dopadas con cobalto es un proceso viable en matrices de agua. Se observó que la sustitución de algunos iones $\text{Fe}^{2+}$ por iones $\text{Co}^{+2}$ en la magnetita produjo un aumento en la actividad de degradación del benzo (a) pireno. Este estudio mostró que la degradación de benzo (a) pireno por magnetitas dopadas con

									cobalto es un proceso viable en matrices de agua
14	López-Vásquez, A.F., Franco-Macias, J.M., Montes-Alba, E.J.	Photocatalysis/adsorption for total organic carbon removal present in condensed steam cooking generated in poultry by-products treatment	2017	SCOPUS	AMERICA DEL SUR	EFICIENCIA DE REMOCION	Evaluar la remoción de carbono orgánico total (COT) presente en un efluente generado por la industria del reciclaje, mediante fotocátalisis (foto-Fenton) y adsorción de carbón activad	El índice de biodegradabilidad del agua residual (DBO5/DQO) del VCC fue de 0.34, lo que significa que es un efluente poco biodegradable y un simple tratamiento biológico no sería suficiente para remover la carga orgánica contaminante presente en el vertimiento. Bajo las condiciones actuales, la descarga del vertimiento sin ningún tipo de tratamiento provocaría la pérdida de las cualidades organolépticas del medio receptor (olor, sabor, turbidez), lo que daría inicio o aceleraría los procesos de eutrofización	"Los resultados del diseño experimental para el tratamiento fotocatalítico homogéneo (foto-Fenton) señalaron

15	Vasconcelos , D.V., Silva, L.L.S., Guerra, I.L., Campos, J.C.	Treatability study of leachate generated in a controlled landfill	2017	SCOPUS	AMERICA DEL SUR	EFICIENCIA DE REMOCION	<p>Evaluar los procesos de coagulación / floculación, adsorción sobre carbón activado en polvo (PAC) y reacción con Fenton para reducir la concentración de contaminantes y aumentar la biodegradabilidad del lixiviado</p>	<p>Los resultados muestran que este lixiviado presenta características de efluente de difícil tratamiento, especialmente debido a la alta concentración de materia orgánica recalcitrante (baja relación DBO / DQO, 0,23). Este análisis indica que el efluente necesitaría pasar por un pretratamiento antes de ser tratado biológicamente, para aumentar el índice de biodegradabilidad. Estas características confirman que el lixiviado proviene de residuos más estabilizados, pues en estas condiciones existe la presencia de ácidos fúlvicos y húmicos, compuestos de difícil degradación biológica. Estos ácidos contribuyen</p>	<p>Se establecieron dos condiciones óptimas para el proceso de adsorción sobre carbón activado en polvo en el tratamiento de lixiviados, con 3 y 5 g L<sup>-1</sup> de carbón, y estas condiciones obtuvieron eficiencias de remoción de DQO de 62.5% y 69%, respectivamente. La Reacción de Fenton fue el tratamiento que presentó mejores porcentajes de remoción, obteniendo eficiencias de remoción de DQO entre 58.12 a 82.30%, siendo elegida como</p>
----	---	---	------	--------	-----------------	------------------------	---	---	--

								a la coloración oscura del lixiviado, que se pudo observar en todas las muestras y se confirma por los altos valores de color y Abs 254	mejor condición la que utilizó las relaciones DQO: H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> iguales a 1: 1 y Fe: H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> igual a 1: 3 y obtuvo 78.42% de remoción
16	De Oliveira, J.S., Drumm, F.C., Mazutti, M.A., Foletto, E.L., Jahn, S.L.	Preparation of Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /ZSM-5 system for use as catalyst in photo-Fenton reaction	2016	SCOPUS	AMERICA DEL SUR	EFICIENCIA DE REMOCION	Evaluar la preparación de nanopartículas de óxido de hierro soportadas en zeolita ZSM-5 para su uso como catalizador en la degradación de un contaminante orgánico en solución acuosa mediante el proceso foto-Fenton	Los resultados revelaron la formación de un sistema Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / ZSM-5 que contiene propiedades intrínsecas que dieron como resultado una actividad catalítica satisfactoria, superior al óxido de hierro. Además, el sistema presentó una excelente actividad y estabilidad después de tres ciclos de reutilización. El sistema Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / ZSM-5 preparado en este trabajo es un catalizador prometedor para su uso en la reacción foto-Fenton para la	En esta reacción los resultados mostraron que el sistema Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / ZSM-5 fue significativamente más eficiente en relación al óxido de hierro utilizado como referencia en la degradación del tinte. Además, la eficiencia y estabilidad del catalizador Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / ZSM-

								degradación de contaminantes orgánicos en soluciones acuosas. La impregnación con nanopartículas de Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> por el método de impregnación incipiente, proporcionó la formación de un catalizador con propiedades intrínsecas para la foto. -reacción Fenton	5 se mantuvo en gran medida después de tres ciclos de reutilización, lo que demuestra que este catalizador puede ser prometedor para la degradación de contaminantes orgánicos presentes en soluciones acuosas.
17	Augustine O. Ayeni, Opeyemi A. Adeeyo, Temitayo E.Oladimeji	Distillery Wastewater Decontamination by the Fenton Advanced Oxidation Method	2015	SCOPUS	AFRICA	PROCESO DE OXIDACION AVANZADA	Evaluar el efecto del proceso de oxidación avanzada de Fenton en el tratamiento de aguas residuales industriales (destilería) al comparar los efectos de las cargas de Fe <sup>2+</sup> , las dosis de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (2% (v / v) y 4% (v /	El pretratamiento de la muestra mostró que el color de la muestra se eliminó por completo. Esto se debió a que el espectrofotómetro UV-visible no detectó ningún valor máximo, y esto fue un buen rasgo característico para las aguas residuales tratadas. El agua residual cruda mostró que la concentración de DQO (mg / l) era	Se demostró que el método de oxidación avanzado, como el reactivo de Fenton, se puede utilizar eficazmente para mejorar la biodegradabilidad de las aguas residuales industriales, como las de

							<p>v)), la temperatura de reacción y el tiempo de reacción</p>	<p>mayor que la concentración de DBO (43,85 mg / l). La concentración de DBO en la materia prima no fue tan pronunciada como la concentración de DQO. Como resultado, el pretratamiento provocó poco o ningún cambio en la concentración de DBO. El porcentaje de eliminación de DBO varió solo entre el 21 y el 25%</p>	<p>una destilería, junto con una menor toxicidad, menor DQO y eliminación de color. Las mejores condiciones operativas para el tratamiento de las aguas residuales de la destilería que contienen mg / l de concentración de DBO y mg / l de concentración de DQO en la materia prima fueron dosificación de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> al 2% a cargas constantes de Fe<sup>2+</sup> (1,5 g), 80 °C temperatura de pretratamiento y tiempo de reacción de 1 hora.</p>
--	--	--	--	--	--	--	--	--	---



18	Rodriguez-Peña M.a,Barrios J.A.b,Becerra I-Bravo E.b,Rodrigo M.A.c,Barrera-Díaz C.E.a	Degradation of endosulfan by a coupled treatments in a batch reactor with three electrodes	2020	SCOPUS	AMERICA DEL NORTE	PROCESO DE OXIDACION AVANZADA	Comparación y muestra de los resultados de los tres procesos de oxidación avanzados integrados: electro-fenton / electro oxidación / ozonización (EF / EO / O <sub>3</sub> ) a la degradación del endosulfán	El proceso de electro oxidación con electrodos de diamante dopado con boro (BDD) logró el 49% de la eficiencia de degradación del endosulfán en 2 h, el proceso de ozonización eliminó el 62% en 2 h y el electro-fenton permite un 72% de eficiencia de degradación del endosulfán. El proceso integrado EO / O <sub>3</sub> mejoró la remoción en un 89% en 2 h pero el EF / EO / O <sub>3</sub> aumenta la remoción al 92% y disminuye el tiempo de tratamiento a solo 1 h, optimizando el proceso con un menor consumo energético	La configuración de electrodos que mejoró la degradación del endosulfán fue hierro (ánodo), grafito (cátodo) y grafito (ánodo), los electrodos de grafito lograron la mayor producción de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> y esto es una ventaja para el proceso, ya que este material es más económico. que BDD. La electrogeneración in situ de todas las especies oxidantes permite que el proceso sea sostenible
----	--	--	------	--------	-------------------	-------------------------------	--	---	---

19	Akyol, A., Samuk, B., Kobya, M., Demirbas, E.	Treatment of phenol formaldehyde production wastewater by electrooxidation-electro-fenton successive processes	2019	SCOPUS	ASIA	EFICIENCIA DE REMOCION	Evaluar los procesos sucesivos de electro oxidación (EO) y electro-Fenton (EF) que se llevarán a cabo en un reactor electrolítico discontinuo utilizando electrodos de grafito (Gr) y acero inoxidable (Ss)	Las eficiencias de eliminación de PFPW pretratadas fueron aumentó gradualmente del 44% al 60% para DQO y de 47% a 55% para TOC a 25 min cuando la corriente la densidad se incrementó de 0,1 a 10 mA / cm <sup>2</sup> . Las eficiencias de remoción se incrementaron al 75% para DQO y 59% para TOC. A medida que se incrementó la densidad de corriente, La concentración de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> se incrementó dando lugar a existencias de una mayor concentración de hidroxilo e hidroperoxilo radicales en menos tiempo	"La eliminación de fenol, TOC y DQO de PFPW
20	David, C., Arivazhagan, M., Tuvakara, F.	Decolorization of distillery spent wash effluent by electro oxidation (EC	2015	SCOPUS	ASIA	PARAMETROS REDUCIDOS	Evaluar el rendimiento de los tres procesos para degradar	Para EC, se logró una eliminación del color del 79% utilizando electrodos de hierro dispuestos con 0.5	Las pseudomonas aeruginosa exhibió un efecto sinérgico en

		and EF) and Fenton processes: A comparative study					<p>materia orgánica altamente concentrada en forma de color en el lavado gastado de la destilería a través de métodos oxidativos por lotes como la electrocoagulación (EC), electro-fenton (EF) y el proceso Fenton</p>	<p>cm de espacio entre electrodos y en condiciones óptimas de pH 7, intensidad de corriente de 5 A, velocidad de agitación de 300 rpm y en 2 h de tiempo de electrólisis. En EF, se observó un 44% de decoloración del lavado gastado utilizando electrodos de carbono (grafito) con condiciones óptimas de 0,5 cm de distancia entre electrodos, pH 3, intensidad de corriente de 4 A, 20 mg / L de FeSO<sub>4</sub> y velocidad de agitación de 400 rpm para 3 h de tiempo de electrólisis. Mediante el proceso Fenton, se logró una decoloración del 66% mediante el proceso Fenton en condiciones optimizadas de pH 3, 40 mg / L de reactivo de Fenton</p>	<p>combinación con el biopolímero hacia la decoloración del lavado gastado. Los experimentos de optimización a escala de laboratorio dieron como resultado una eliminación del 92,77% del color de lavado gastado después de 96 horas de tratamiento, mientras que solo se observó una reducción de color limitada (25,30% y 13,58%) cuando se trató la misma concentración y volumen de lavado gastado con cultivo de <i>Pseudomonas aeruginosa</i></p>
--	--	---	--	--	--	--	---	--	--

								y a 500 rpm de velocidad de agitación durante 4 h de tiempo de tratamiento.	y PHB individualmente
21	Ulucan, K., Kurt, U.	Comparative study of electrochemical wastewater treatment processes for bilge water as oily wastewater: A kinetic approach	2015	SCOPUS	ASIA	EFICIENCIA DE REMOCION	Analizar la tratabilidad del agua de sentina mediante procesos electroquímicos: proceso de electrocoagulación / electroflotación y también el proceso de electro-fenton como proceso de electro oxidación indirecta	los resultados mostraron claramente que los electrodos de aluminio eran más eficientes y en un corto período de tiempo como 10 min. Valores de demanda química de oxígeno y eliminación de aceite-grasa obtenidos como 64,8% y 57% de Al y 36,2% y 12,5% de Fe, respectivamente. Por otro lado, mediante el proceso de electro-fenton, se observó que se obtuvieron mayores eficiencias de remoción en comparación con el método de electrocoagulación, siendo la remoción de DQO y aceite-grasa igual a 71% y 69%, respectivamente.	la duración óptima para los procesos de tratamiento electroquímico, los valores de eficiencia de remoción de DQO y aceite-grasa obtenidos mediante el proceso de electro-fenton fueron 71% (81% durante 60 min.) Y 68,8%, respectivamente, mientras que el proceso de electrocoagulación realizado con electrodos de aluminio resultó en un 64,8% de DQO y un 57% de eficiencia en la

								Los estándares de descarga especificados por MARPOL se obtuvieron mediante el proceso de electro-fenton.	remoción de aceite-grasa. En el proceso de electro-fenton, los ácidos del aceite hidrolizados parcialmente oxidados en un rango de pH bajo (pH 3) dieron como resultado un aumento en los niveles de remoción de aceite-grasa y DQO
22	Olvera-Vargas, H., Dubuc, J., Wang, Z., (...), Neculita, C.M., Lefebvre, O.	Electro-fenton beyond the degradation of organics: Treatment of thiosalts in contaminated mine water	2021	SCOPUS	ASIA	PARAMETROS REDUCIDOS	Analizar el uso del proceso Electro Fenton para tratar tiosales en agua de mina sintética y real.	Optimizaron los principales parámetros que afectan el proceso, a saber, la densidad de corriente (2,08-6,25 mA cm <sup>2</sup> -), la temperatura (4 vs 20 ° C) y la concentración de S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <sup>2-</sup> (0,25-2 g L <sup>-1</sup> ). El S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <sup>2-</sup> se eliminó casi por completo en 2 h de tratamiento a 6.25 mA cm <sup>-2</sup>	El proceso resultó en una oxidación completa de S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <sup>2-</sup> y S <sub>4</sub> O <sub>6</sub> <sup>2-</sup> a SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> en 90 min a 6,25 mA cm <sup>-2</sup> (eliminación del 95% en solo 60 min)
23	Liang, D., Li, N., An, J.,	Fenton-based	2021	SCOPUS	ASIA	PROCESO DE	Analizar la degradación	Esta revisión evidencio las	La concentración

	(...), Wu, Y., Liu, H.	technologies as efficient advanced oxidation processes for microcystin- LR degradation				OXIDACION AVANZADA	de MC-LR mediante tecnologías basadas en Fenton (Fenton convencional , foto-Fenton, electro- Fenton, ozono- Fenton y sono-Fenton)	tendencias de técnica de optimización para la aplicación Fenton de la degradación de MC-LR, así como en los desafíos clave y las oportunidades futuras en este campo de rápido desarrollo.	inicial de MC- LR, las dosis del catalizador y oxidante, la alcalinidad del medio ambiente, las materias orgánicas naturales (NOM) y otros iones inorgánicos, son factores que influyen en la destrucción de la cadena de Adda mediante la hidroxilación es esencial para la desintoxicación de MC-LR.
24	Zhang, Y., Chen, Z., Wu, P., (...), Wang, F., Li, S.	Three- dimensional heterogeneous Electro- Fenton system with a novel catalytic particle electrode for Bisphenol A removal	2020	SCOPUS	ASIA	PARAMETROS REDUCIDOS	Verificar si la un nuevo sistema Electro- Fenton (EF) heterogéneo tridimensional (3D) con electrodo de difusión de gas (GDE) mejorado	la tasa de eliminación óptima de BPA y TOC fue del 93% y 60,5%, respectivamente, en 90 min. Los CPE mostraron un alto rendimiento catalítico (86,5% para BPA y 50,3% para TOC) y baja pérdida de	El proceso EF promueve la tasa de regeneración de los electrodos de partículas y, por lo tanto, acelera el curso de reacción del electrodo 3D.

							como cátodo y óxido de grafeno dopado / reducido con nitrógeno magnético (Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> / N-rGO) ayuda a la eliminación de bisfenol A (BPA)	catalizador (menos del 9,5%) después de 5 ciclos, lo que indica su excelente estabilidad y reutilización. El sistema de electrodos 3D exhibió un electrodo de área de superficie específica más grande, que mejoró la transferencia de masa de contaminantes al electrodo y también aceleró la regeneración de Fe II debido a una transferencia de electrones más rápida, mejorando así la eficiencia de la catálisis EF.	Se optimizaron los parámetros que afectan el comportamiento de degradación del BPA.
25	García-Costa, A.L., Carbajo, J., Masip, R., (...), Yuste-Córdoba, F.J., Casas, J.A.	Enhanced cork-boiling wastewater treatment by electro-assisted processes	2020	SCOPUS	EUROPA	EFICIENCIA DE REMOCION	Proponer dos enfoques novedosos para el tratamiento de aguas residuales hirviendo con corcho (CBW), como la electrocoagulación	Al proceso de oxidación de Fenton (EC + Fenton) y el proceso de electro-Fenton (EF) fueron probadas a 80 ° C con la dosis estequiométrica de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> requerida para la mineralización completa de la	El principal costo está relacionado con el consumo de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> . En este sentido, un pretratamiento o físico-químico inicial disminuyó los

							secuencial acoplada al proceso de oxidación de Fenton (EC + Fenton) y el proceso de electro-Fenton (EF).	materia orgánica. Ambos tratamientos dieron como resultado una alta conversión de TOC, alrededor del 87%, con eliminación completa de compuestos fenólicos. Los efluentes resultantes fueron biodegradables (DBO5 / DQO > 0,65), conteniendo ácidos carboxílicos no tóxicos como ácidos fórmico, acético, oxálico y malónico.	requerimientos de oxidante y así, los costos operativos se pueden reducir en un 40% en el proceso EC + Fenton
26	Fattahi, H., Karimi, H., Amiri, S., (...), Hossini, H., Mustafa, Y.T.	Decolorization of Crystal Violet from Aqueous Solution Using Electro-fenton Process	2020	SCOPUS	ASIA	EFICIENCIA DE REMOCION	Purificar el agua coloreada que contiene cristal violeta mediante un proceso de electro-fenton y electrodos de malla de acero. Todos los reagentes y métodos se prepararon a partir de métodos analíticos	Las cantidades de violeta cristal se determinaron por colorimétrico utilizando un espectrofotómetro a una longitud de onda máxima de aproximadamente 586 nm. La mejor degradación del tinte se produce en pH ácido (pH3), tiempo de contacto de 5 minutos, concentración inicial de violeta cristal 50 mg / l, aplicado	El electro-fenton es una tecnología de generación de peróxido de hidrógeno in situ adecuada para el tratamiento de aguas residuales coloreadas



							graduados y estándar.	corriente 0,8 A y un nivel de electrolito de aproximadamente 0,1 g / L de NaCl. Se causó que una corriente eléctrica más alta y pH más bajos generaran la mayor cantidad de radical oxidativo y la regeneración de Fe <sup>2+</sup> . En condiciones óptimas, el violeta cristal se eliminó aproximadamente en un 99,72%.	
27	Behfar, R., Davarnejad, R.	Pharmaceutical wastewater treatment using UV-enhanced electro-Fenton process: Comparative study	2019	SCOPUS	ASIA	EFICIENCIA DE REMOCION	Estudiar el tratamiento de aguas residuales farmacéuticas (PhW) obtenidas de una fábrica mediante procesos electro-Fenton (EF) y fotoelectro-Fenton (PEF)	Según el análisis de varianza (ANOVA), el tiempo fue el parámetro más significativo en la respuesta del proceso (eliminación de DQO) seguido de la densidad de corriente. Las condiciones óptimas para el 86,85% de eliminación de DQO a través del proceso EF fueron: pH de 2,96, densidad de corriente de 42,90 mA / cm <sup>2</sup> , relación	Se concluyó que la luz UVA puede aumentar la eliminación de DQO a través del proceso PEF alrededor de un 7% más que la del proceso EF en condiciones óptimas

								<p>molar de <math>H_2O_2/Fe^{2+}</math> de 3,78, relación de volumen de <math>H_2O_2/PhW</math> de 1,37 ml / L y tiempo de reacción. de 58.49 min, mientras que las condiciones óptimas para el 93.00% de remoción de DQO a través del proceso PEF fueron a pH de 2.91, densidad de corriente de 43.71 mA / cm<sup>2</sup>, relación molar <math>H_2O_2/Fe^{2+}</math> de 4.29, relación de volumen de <math>H_2O_2/PhW</math> de 1.67 ml / L , Luz UVA de 6 W y tiempo de reacción de 54,24 min.</p>	
28	Ilhan, F., Ulucan-Altuntas, K., Dogan, C., Kurt, U.	Optimization of raw acrylic yarn dye wastewater treatment by electrochemical processes: Kinetic study and energy consumption	2019	SCOPUS	AFRICA	EFICIENCIA DE REMOCION	Analizar los procesos de electrocoagulación y Electro-fenton para la decoloración de las aguas residuales de teñido de hilos acrílicos.	<p>la optimización por el método RSM tuvo como resultado las mayores remociones de Color, DQO y TOC se obtuvieron como 96.2%, 43.8% y 40.4%, respectivamente. Para obtener estos resultados, fue necesario aplicar una densidad de corriente de 100 A /</p>	Analizar los procesos de electrocoagulación y Electro-fenton, que producen menos desperdicio que los métodos convencionales y que son menos costosos,

								<p>m2 al agua residual que se ha fijado a un pH inicial de 7,2 y 20,7 minutos. Aunque la remoción de color es alta, la remoción de DQO no cumple con los estándares de descarga. Por lo tanto, se aplicó el proceso de electro-fenton para mejorar la eliminación de DQO y TOC y la tasa de eliminación aumentó a 70,0% y 61,5%, respectivamente</p>	<p>para la decoloración de las aguas residuales de teñido de hilos acrílicos.</p>
29	Alizadeh Fard, M., Barkdoll, B.	Effects of oxalate and persulfate addition to Electro-fenton and Electro-fenton-Fenton processes for oxidation of Ketoprofen: Determination of reactive species and mass balance analysis	2018	SCOPUS	AMERICA DEL NORTE	PARAMETROS REDUCIDOS	<p>Evaluar la aplicabilidad de los sistemas Electro-fenton (EF) y Electro-fenton-fenton (EFF), añadiendo una combinación de oxalato y persulfato con estos sistemas (EF-Oxalato, EFF-Oxalato, EF-</p>	<p>El orden de capacidad de oxidación y mineralización es EF-Persulfato&gt; EFF-Persulfato&gt; EF-Oxalato&gt; EFF-Oxalato&gt; EFF&gt; EF. Los experimentos con captadores de radicales indicaron que el [rad] OH es la especie radical dominante en los sistemas EF, EFF, EF-Oxalato y EFF-Oxalato. Sin embargo, tanto el [rad] OH como el</p>	<p>La adición de oxalato y persulfato a los sistemas EF y EFF proporciona buenas soluciones para disminuir la carga y el riesgo que representa el ketoprofeno para los sistemas de agua</p>

							<p>Persulfato y EFF-Persulfato), para la degradación del ketoprofeno como un contaminante emergente.</p>	<p>102 participaron en la oxidación del ketoprofeno en los procesos de EF-Persulfato y EFF-Persulfato. Las relaciones Fe (II) / Fe total en las muestras de solución y de lodo disminuyeron a medida que aumentaba la capacidad de oxidación. Los cálculos del balance de masa de carbono mostraron que EF-Persulfato deja la menor cantidad de subproductos de oxidación en el sistema. Los análisis de la relación DBO5 / DQO demostraron que todos los sistemas estudiados mejoraron la biodegradabilidad de las aguas residuales sin tratar.</p>	
30	Hassani, G., Takdastan, A., Ghaedi, M., (...),	Optimization of 4-chlorophenol oxidation by	2016	SCOPUS	ASIA	EFICIENCIA DE REMOCION	Encontrar la mejor condición operativa en	La caracterización de ferrita de manganeso sintetizada	La ecuación polinomial de segundo orden para la

	Neisi, A., Babaei, A.A.	manganese ferrite nanocatalyst with response surface methodology					la degradación del 4- clorofenol en el proceso Fenton, se utilizó la metodología de superficie de respuesta (RSM) y el diseño factorial compuesto central (CCD)	mediante microscopía electrónica de barrido por emisión de campo (FESEM), espectroscopía de dispersión de energía (EDS) y magnetómetro de muestra vibrante (VSM) explicó la estructura porosa del super- paramagnético $MnFe_2O_4$ y mostró que Fe, O y Mn son los dominantes elementos en el compuesto con porcentajes en peso de 47,20, 28,40 y 24,40%, respectivamente; y también, el resultado del difractómetro de rayos X en polvo (XRD) confirmó la presencia de $MnFe_2O_4$ monofásico con una estructura cúbica centrada en las caras. La eficiencia de degradación se observó a través de un proceso de	eficiencia de degradación del 4- clorofenol expresó la relación entre la variable de respuesta y las variables de prueba. El valor p del modelo ( $<0,0001$ ) mostró que el modelo era adecuado para este experimento
--	----------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--

								oxidación que indicó que el $MnFe_2O_4$ podría reducirse en un 93% el 4-clorofenol en 60 minutos. Además, el pH, $H_2O_2$ y el catalizadores óptimos fueron 4,24, 0,07 mol. L-1 y 0,72 g. L-1, respectivamente	
31	Naranjo-Tovar, D., Morillo-Semanate, L., Pérez, J., (...), Vargas-Jentsch, P., Muñoz-Bisesti, F.	Fenton processes as a complementary treatment for the removal of surfactants and coliforms from municipal wastewater   [Procesos fenton como tratamiento complementario para la remoción de tensoactivos y coliformes de aguas residuales domésticas]	2021	SCOPUS	AMERICA DEL SUR	PARAMETROS REDUCIDOS	Analizar un proceso Fenton convencional y modificado con ácido etilendiamino tetraacético (EDTA) como tratamiento complementario para aguas residuales rurales de Quito.	Mediante las mejores condiciones establecidas como la concentración de $H_2O_2$ de 124,4 mM, agitación continua de 130 rpm, relación molar EDTA:Fe <sup>2+</sup> : $H_2O_2$ de 1:1:20 y pH de 6,41 (pH del efluente), y a partir de una muestra con concentración inicial de tensoactivos, coliformes fecales y DQO de 6,12 mg/L, 71000 UFC/mL y 980 mg/L, respectivamente, se alcanzó inactivación total de coliformes fecales y una	Los valores de las concentraciones de tensoactivos y coliformes fecales, obtenidos posteriormente al tratamiento con las mejores condiciones establecidas para el proceso Fenton convencional y Fenton modificado con EDTA, estuvieron por debajo de los límites

								reducción de 97% para tensoactivos y 93% para la demanda química de oxígeno a los 15 min de tratamiento. La aplicación del tratamiento Fenton modificado con EDTA bajo las mejores condiciones establecidas, permitió alcanzar un valor de 64 mg/L de DQO en un tiempo de 15 min, a partir de una carga inicial de DQO de 980 mg/L	máximos respectivos establecidos por las normas de la EPA, lo cual supone una ventaja frente a los tratamientos convencionales.
32	Luo, C., Gong, X., Zhang, Q., Chen, Y., Du, Y.	Preliminary study on the effect of Fenton oxidation on black odor river sediment	2021	SCOPUS	ASIA	PARAMETROS REDUCIDOS	Explorar el efecto de oxidación del reactivo de Fenton en el sedimento del río de color negro, evaluando la reacción del proceso Fenton en la eliminación eficaz de la coloración y la turbidez del agua de color negro.	Bajo la condición de $T = 28\text{ }^{\circ}\text{C}$ , entrada $(\text{H}_2\text{O}_2) = 20\% \text{ Q}$ (Q es la dosis teórica para mineralizar completamente carbono orgánico en sedimento), la relación molar de $\text{Fe}^{2+}$ a $\text{H}_2\text{O}_2 = 0.5:1$ . Con el tratamiento Fenton aumentó significativamente el potencial redox del sedimento y el agua supra yacente, y tuvo una fuerte	Con el tratamiento de Fenton, la tasa de oxidación del sistema $\text{H}_2\text{O}_2$ fue más lenta y la mejora del potencial redox en el sistema no fue obvia. Se debe prestar atención a la liberación de ácidos orgánicos y nitrógeno

								<p>eficiencia de oxidación de la materia orgánica en el sedimento de color negro. la remoción de sulfuro ácido volátil, carbono orgánico total y nitrógeno orgánico total fue de 70,13%, 22,14% y 87,60%, respectivamente. Se produjo una cantidad sustancial de nitrógeno amónico y nitrógeno nitrato. Debido a la presencia de hierro, la concentración de fósforo reactivo soluble en el sedimento se redujo considerablemente.</p>	<p>amónico al agua supra yacente durante el tratamiento con Fenton.</p>
33	<p>França, A.A.C., Neto, J.M.M., de Sousa Rios, M.A., (...), Sá, J.L.S., da Silva, C.E.</p>	<p>Degradation of textile dye using the advanced oxidation processes photo-fenton and solar photo-fenton</p>	2021	SCOPUS	AMERICA DEL SUR	EFICIENCIA DE REMOCION	<p>Evaluar la eficiencia del proceso foto-Fenton asistido por luz artificial o solar aplicado en el tratamiento de efluentes textiles sintéticos.</p>	<p>El proceso foto-Fenton fue eficiente en la decoloración del efluente, con énfasis en el estudio realizado por la luz solar que en todas las condiciones operativas de obra presentó tasas de remoción superiores al 90%. En términos de</p>	<p>Los procesos de degradación utilizando Photo-Fenton asistido por luz artificial y solar mostraron resultados satisfactorios, con énfasis en la radiación</p>



								DQO, la mejor eficiencia se obtuvo cuando 1250 mg L-1 e: 62,5 mg L-1 mostraron tasas de 85,40% y 50,20% para el proceso con luz artificial o solar respectivamente.	solar, que mostró un mejor desempeño en el parámetro de remoción de color en todas las condiciones de operación.
34	Fu, Y., Li, W., Li, H., Huang, M.	High-precision and on-line measurement of dissolved organic matter in Electro-Fenton process based on dual wavelength analysis with combination of fluorescence emission and ultraviolet absorption spectroscopy	2021	SCOPUS	ASIA	PROCESO DE OXIDACION AVANZADA	simplificar la complejidad del sistema de medición del proceso de Electro Fenton, y, al mismo tiempo, superar el efecto de las interferencias que contienen hierro durante la medición	Una relación intrínseca entre la concentración de DOM medida y la absorción ultravioleta en $\lambda_1$ y las intensidades de luz de la emisión de fluorescencia en $\lambda_2$ se deriva teóricamente y se prueba, a partir de la cual se puede eliminar la influencia de los iones de hierro y sus complejos en el espectro, por lo que el contenido de DOM en el proceso Electro-Fenton se determina con precisión. El análisis de longitud de onda dual propuesto con una combinación de	Las técnicas de espectroscopia de absorción UV-visible y de matriz de emisión de excitación (EEM) son las más potenciales para realizar mediciones de DOM en línea, pero la precisión de la medición no es satisfactoria debido a la participación obligatoria de interferentes que contienen hierro

								emisión de fluorescencia y espectroscopia de absorción ultravioleta puede lograr una alta precisión (R2 = 0,9882, RMSE = 0,0131 mg / L).	
35	Inticher, J.J., Cabrera , L.C., Guimarães, R.E., (...), Seibert, D., Borba, F.H.	Advanced treatment of water contaminated with atrazine, difenoconazole and fipronil mixture, its by-products and bio-toxicity levels	2021	SCOPUS	AMERICA	PROCESO DE OXIDACION AVANZADA	proporcionar una comprensión integral del potencial de aplicación del proceso PEF-BDD para el tratamiento eficiente de aguas superficiales y subterráneas contaminadas con pesticidas en una mezcla	Mediante condiciones óptimas de funcionamiento de la celda electrolítica, es decir, corriente eléctrica aplicada (AEC) de 0,7 A, concentración de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> de 1000 mg L <sup>-1</sup> , y caudal de 0.6 L min <sup>-1</sup> , dentro de los 15 min del proceso PEF-BDD, alcanzo una degradación en la mezcla de 95.7% ATZ, 97.3% DFN y 96.5% FPN y mineralización del 47.3% de la solución ADF. Asimismo, se evaluaron los niveles de biotoxicidad que muestran los bioindicadores	el proceso PEF-BDD para el tratamiento de aguas superficiales y subterráneas contaminadas con pesticidas es eficiente.

								Artemia salina (toxicidad aguda) y Allium cepa (citotoxicidad)	
36	Jiao, Y., Liu, L., Zhang, Q., Zhou, M., Zhang, Y.	Treatment of reverse osmosis concentrate from industrial coal wastewater using an electro-peroxone process with a natural air diffusion electrode	2021	SCOPUS	ASIA	EFICIENCIA DE REMOCION	estudiar y comparar la eficiencia del tratamiento de EP, electro-Fenton, electro oxidación (EO), peroxi-coagulación (PC) y ozonización para la remoción de carbono orgánico total, color y UV254 en el concentrado de ósmosis inversa (ROC).	se seleccionaron unas condiciones óptimas de reacción (corriente de 200 mA, pH de 4 y dosis de O3 de 6 mg / min). La producción de ·OH en EP fue mucho mayor que en ozonización y EO, como lo indica la medición de EPR. Los espectros de matriz de excitación-emisión de ROC después del tratamiento con EP verificaron que todos los contaminantes fluorescentes en ROC se eliminaron en 2 h. Además, la combinación de procesos de PC y EP (2 h + 3 h) redujo significativamente la EEC en un 58% en comparación con EP (6 h), logrando una decoloración completa.	Se confirmó que el proceso EP fue el más eficiente. Se determinó el potencial de usar EP y el proceso combinado PC-EP para tratar de manera efectiva las aguas residuales reales de la República de China

37	Li, Q., Li, H.- Q., Rao, Q., Yang, P.	MgAl-LDH@ Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> based heterogeneous electro- Fenton process for the concentrated liquor of gas field wastewater treatment: Optimization, mechanism, and stability	2021	SCOPUS	ASIA	EFICIENCIA DE REMOCION	Determinar si las partículas de MgAl-LDH @ Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> se sintetizaron con éxito como catalizadores del sistema heterogéneo de electro- Fenton (EF) para degradar eficazmente los contaminante s orgánicos refractarios en el CL- GFW	Las partículas ampliaron el rango de pH del proceso EF en condiciones óptimas. La mayor eficiencia de eliminación de DQO podría alcanzar el 88,18% después de 4 h con un pH de 5. Los efectos sinérgicos de la oxidación activa de los radicales libres, la catálisis mejorada y la complicación de la superficie contribuyeron a la degradación de los orgánicos recalcitrantes en el proceso heterogéneo de EF. Los ensayos de electrocatalisis y EF homogéneos mostraron tasas de degradación de DQO más bajas de 45,68% y 62,86% en comparación con los EF heterogéneos.	Se determinó la excelente estabilidad y reutilización de las partículas en el heterogéneo sistema EF a través de cinco experimentos cíclicos con baja producción de lodos y tasa de lixiviación de metales
38	Raj, R., Tripathi, A., Das, S.,	Removal of caffeine from wastewater using	2021	SCOPUS	ASIA	PROCESO DE OXIDACION AVANZADA	Estudiar los diferentes procesos de oxidación	Los EAOP son tecnologías robustas y ecológicas, donde	Aclara la comprensión de los desafíos

	Ghangrekar, M.M.	electrochemical advanced oxidation process: A mini review					avanzada electroquímica (EAOP), a saber, el proceso de oxidación anódica (AO) y el proceso de electro-Fenton (EF) como técnicas alternativas para la eliminación de cafeína de las aguas residuales	los contaminantes parcialmente degradables y recalcitrantes se oxidan completamente a través de radicales hidroxilos generados in situ sin producir ningún lodo. Sin embargo, hay pocos desafíos clave que se encuentran durante la operación de los EAOP, como el alto consumo de energía, la aplicación de costosos electrodos y productos químicos y la formación de subproductos tóxicos que hacen que la tecnología sea inviable para su aplicación a escala de campo	clave que se encuentran durante la operación de los EAOP y los parámetros críticos que afectan la eficiencia de remoción junto con las áreas potenciales para futuras investigaciones para superar los inconvenientes de los EAOP para convertirlos en tecnología sostenible para aplicaciones a escala de campo
39	Sathe, S.M., Chakraborty, I., Sankar Cheela, V.R., (...), Dubey, B.K., Ghangrekar, M.M.	A novel bio-electro-Fenton process for eliminating sodium dodecyl sulphate from	2021	SCOPUS	ASIA	PROCESO DE OXIDACION AVANZADA	Desarrollar una pila de combustible microbiana bio-electro-Fenton (BEF-MFC) para la degradación del	El catalizador de cátodo sintetizado (carbón activado en polvo y óxido de hierro) facilitó la reacción de Fenton en la cámara catódica del MFC, generando al	Una comparación de los impactos ambientales de BEF-MFC con MFC de flujo ascendente y

		wastewater using dual chamber microbial fuel cell					dodecilsulfato de sodio (SDS) de las aguas residuales	<p>mismo tiempo una densidad de potencia máxima de 105,67 mW m<sup>-2</sup>. El rendimiento general del BEF-MFC para la eliminación de SDS y la generación de energía superó al MFC de control (C-MFC) que tiene un cátodo revestido con negro de humo en condiciones de funcionamiento similares. Aunque la tasa de degradación de SDS fue favorable en pH ácido, bajo pH neutro, se logró 70,8 ± 6,4% de degradación de SDS en 120 min en BEF-MFC.</p>	<p>oxidación electroquímica utilizando la herramienta de evaluación del ciclo de vida sugiere que BEF-MFC puede ser una de las tecnologías prometedoras para el tratamiento terciario de aguas residuales</p>
--	--	---	--	--	--	--	---	--	---

40	Mier, A.A., Olvera- Vargas, H., Mejía-López, M., (...), Sebastian, P.J., Arias, D.M.	A review of recent advances in electrode materials for emerging bioelectrochemical systems: From biofilm-bearing anodes to specialized cathodes	2021	SCOPUS	AMERICA	PROCESO DE OXIDACION AVANZADA	Analizar los avances en materiales de electrodos innovadores para BES emergentes	Las estrategias de modificación de electrodos incluyen MEC acoplado a digestión anaeróbica (MEC-AD), Células de desalinización microbiana (MDC), planta-MFC (P-MFC), humedales artificiales-MFC (CW). -MFC) y microbiano electro-Fenton (BEF)	Existen estrategias innovadoras de modificación de electrodos para mejorar la cinética de transferencia de electrodos en cada BES emergente
----	---	---	------	--------	---------	-------------------------------	--	---	---

Atentamente,

Juan Julio Ordoñez Galvez

DNI: 08447308


  
 Dr. ELMER G. BENITES ALFARO  
 Ing. Químico  
 Investigador CONCYTEC  
 Código Renacy P0034858  
 CIP 71998





Dr. RUBEN MUNIVE CERRON  
 CIP N° 38103

## Eficiencia de remoción en tratamiento de aguas residuales industriales mediante el proceso electro-fenton

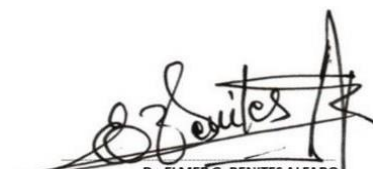
FICHA 2: Eficiencia de Remoción en tratamiento de aguas residuales industriales mediante el proceso Electro Fenton.										
		Titulo		Aplicación del proceso electro-fenton en el tratamiento de aguas residuales industriales: Una revisión sistemática						
		Línea de Investigación		Calidad y Gestión de los Recursos Naturales						
		Responsable		- Fernandez Inca, Mirtha Yovani - Quispe Machaca, Luis Joel						
		Asesor		Dr. Rubén Víctor Munive Cerrón						
Nº	Categoría	Rango de Eficiencia					Autor(es)	Región / País	Objetivo	Eficiencia
		51% - 60%	61% - 70%	71% - 80%	81% - 90%	91% - 100%				
01	Eficiencia de Remoción	X					Ilhan, F., Ulucan, K., Dogan, C., Kurt, U.	Asia - Turquía	Examinar los métodos de electrocoagulación y Electro-fenton en la decoloración de las aguas emanadas en los teñidos de hilos acrílicos.	53% de eficiencia, 70% de DQO, pH= 2,7.
02	Eficiencia de Remoción	X					Jiao, Y., Liu, L., Zhang, Q., Zhou, M., Zhang, Y.	Asia-/ China	Analizar la eficiencia del tratamiento de EP, electro-Fenton, electro oxidación (EO), peroxi-coagulación (PC) y ozonización en la remoción de carbono orgánico en su totalidad.	58% de eficiencia, 65% de DQO, pH =4.
03	Eficiencia de Remoción	X					Akyol, A., Samuk, B., Kobya, M., Demirbas, E.	Asia - Turquía	Evaluar los procesos de electro oxidación (EO) y electro-Fenton (EF) en un reactor electrolítico discontinuo con electrodos de grafito (Gr) y acero inoxidable (Ss)	60% de eficiencia, 75% de DQO, pH = 3,1.



04	Eficiencia de Remoción		X				Ma, P., Proietto, F., Galia, A., Scialdone, O.	Europa - Italia	Analizar los resultados en el tratamiento electroquímico de aguas servidas por medio de electro-fenton, foto-electro-fenton, electro-fenton presurizado y foto-electro-fenton presurizado	69% de eficiencia, 80% de DQO, pH =3,2
05	Eficiencia de Remoción		X				De Oliveira, J.S., Drumm, F.C., Mazutti, M.A., Foletto, E.L., Jahn, S.L.	América del sur - Brasil	Analizar la elaboración de nanopartículas de óxido de hierro en zeolita ZSM-5 en el uso como catalizador y degradante de contaminantes orgánicos en solución acuosa mediante el proceso Electro-Fenton.	70% de eficiencia, 82% de DQO, pH =3,1
06	Eficiencia de Remoción		X				Carmen L. Uribe, M. J. Caballero, P. Cárdenas, E.	América del sur - Perú	Remover impurezas y pigmentos naturales del sustrato al conferir una hidrofiliidad	70% eficiencia, 84% de DQO, pH =3,88
07	Eficiencia de Remoción			X			López, A.F., Franco, J.M., Montes, E.J.	América del sur - Colombia	Evaluar la eliminación de carbono orgánico total (COT) en un efluente de la industria del reciclaje, mediante fotocátalisis (electro-Fenton)	72% de eficiencia, 83% de DQO, pH= 2,9
08	Eficiencia de Remoción			X			Li, Q., Li, H.-Q., Rao, Q., Yang, P.	Asia - China	Establecer si las partículas de MgAl-LDH Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> se sintetizan como catalizadores del sistema heterogéneo de electro-Fenton (EF) permitiendo degradar los contaminantes orgánicos refractarios en el CL-GFW	72% de eficiencia, 88% de DQO, pH = 5.
09				X			Ibarra, H.N., Dobrosz, I., Gómez, M.A.	América del Sur - Colombia	Evaluar el proceso fenton en el tratamiento de aguas residuales provenientes de	74,3% eficiencia, 80,5% de

	Eficiencia de Remoción								la industria del café utilizando diseño experimental Box-Behnken y metodología de la superficie de respuesta.	DQO, pH=3,73
10	Eficiencia de Remoción			X			Vasconcelos, D.V., Silva, L.L.S., Guerra, I.L., Campos, J.C.	América del Sur / Brasil	Evaluar los procesos de coagulación / floculación, adsorción sobre carbón activado en polvo (PAC) y reacción con Fenton en la reducción de contaminantes y aumento de la biodegradabilidad del lixiviado.	78.42% eficiencia, 82,3% de DQO, pH 3,1
11	Eficiencia de Remoción			X			Hassani, G., Takdastan, A., Ghaedi, M., (...), Neisi, A., Babaei, A.A.	Asia - Irán	Encontrar la mejor condición operativa en la degradación del 4-clorofenol en el proceso Fenton, con la metodología de superficie de respuesta (RSM) y el diseño factorial compuesto central (CCD).	80% de eficiencia, 86% de DQO, pH =2,9
12	Eficiencia de Remoción				X		Ulucan, K., Kurt, U.	Asia - Turquía	Analizar la tratabilidad del agua de sentina en el proceso electroquímicos de electrocoagulación / electro flotación y electro-fenton como proceso de electro oxidación indirecta	81% de eficiencia, 69% de DQO, pH =3
13	Eficiencia de Remoción				X		Garcia-Costa, A.L., Carbajo, J., Masip, R., (...), Yuste-Córdoba, F.J., Casas, J.A.	Europa - España	Proponer dos enfoques novedosos para el tratamiento de aguas residuales hirviendo con corcho (CBW), como la electrocoagulación secuencial conectada al proceso de oxidación Fenton (EC + Fenton) y el	87% de eficiencia, 68% de DQO, pH =2,8


									proceso de electro-Fenton (EF).	
14	Eficiencia de Remoción					X	França, A.A.C., Neto, J.M.M., de Sousa Rios, M.A., (...), Sá, J.L.S., da Silva, C.E.	América del Sur - Brasil	Evaluar la eficiencia del proceso foto- Fenton asistido por luz artificial o solar aplicado en el tratamiento de aguas residuales de textiles sintéticos.	90% de eficiencia, 85,40% de DQO, pH= 2,5
15	Eficiencia de Remoción					X	Fattahi, H., Karimi, H., Amiri, S., (...), Hossini, H., Mustafa, Y.T.	Asia - Iran	Purificar el agua coloreada que contiene cristal violeta mediante proceso de electro-fenton y electrodos de malla de acero.	91% de eficiencia, 65% de DQO, pH =3
16	Eficiencia de Remoción					X	Behfar, R., Davarnejad, R.	Asia / Iran	Estudiar el tratamiento de aguas residuales farmacéuticas (PhW) obtenidas de una fábrica mediante procesos electro-Fenton (EF) y fotoelectro-Fenton (PEF)	91,5% de eficiencia, 86,5% de DQO, pH de 2.91

  
 Dr. ELMER G. BENITES ALFARO  
 Ing. Químico  
 Investigador CONCYTEC  
 Código Renacy P0034858  
 CIP 71998

Atentamente,  
  
 Juan Julio Ordoñez Galvez  
 DNI: 08447308

  
 Dr. RUBEN MUNIVE CERRON  
 CIP N° 38103

## Características físicas y químicas modificadas durante el tratamiento de aguas residuales industriales mediante el proceso Electro-Fenton

FICHA 3: Características físicas y químicas modificadas durante el tratamiento de aguas residuales industriales mediante el proceso Electro Fenton.									
		Titulo		Aplicación del proceso electro-fenton en el tratamiento de aguas residuales industriales: Una revisión sistemática					
		Línea de Investigación		Calidad y Gestión de los Recursos Naturales					
		Responsable		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fernandez Inca, Mirtha Yovani</li> <li>- Quispe Machaca, Luis Joel</li> </ul>					
		Asesor		Dr. Rubén Víctor Munive Cerrón					
Nº	Categoría	Parámetros				Autor(es)	Región / País	Objetivo	Reducción
		Turbidez	pH	DBO	DQO				
01	Características físicas y químicas modificadas	X				David, C., Arivazhagan, M., Tuvakara, F.	Asia / India	Evaluar el rendimiento de los tres procesos para degradar materia orgánica altamente concentrada en forma de color en el lavado gastado de la destilería a través de métodos oxidativos por lotes como la electrocoagulación (EC), electro-fenton (EF) y el proceso Fenton	Reducción de turbidez en 79%
02	Características físicas y químicas modificadas	X				Medina, C., Montero del Águila, E., Cruz Pío, L.	América del sur – Perú	Determinar las características fisicoquímicas del lixiviado del RSAV, calcular su biodegradabilidad, con dosis óptimas de del reactivo Fenton y pH.	Reducción de turbidez en 65%

03	Características físicas y químicas modificadas	X				Olvera-Vargas, H., Dubuc, J., Wang, Z., (...), Neculita, C.M., Lefebvre, O.	Asia - Singapur	Analizar el uso del proceso Electro Fenton para tratar tiosales en agua de mina sintética y real.	Reducción de la turbidez en 70%
04	Características físicas y químicas modificadas			x		Luo, C., Gong, X., Zhang, Q., Chen, Y., Du, Y.	Asia - China	Explorar el efecto de oxidación del reactivo de Fenton en el sedimento del río de color negro, evaluando la reacción del proceso Fenton en la eliminación eficaz de la coloración y la turbidez del agua de color negro.	Alcanzo un DBO de 87,6%
05	Características físicas y químicas modificadas					Nivya T K, Minimol Pieus T	Asia - India	Comparar los resultados del EF combinado con el biorreactor de proceso y membrana al tratar los lixiviados de vertederos	Alcanzo un DBO de 71,9%
06	Características físicas y químicas modificadas				x	Naranjo, D., Morillo, L., Pérez, J., (...), Vargas, P., Muñoz, F.	América del sur - Ecuador	Analizar el proceso fenton convencional y modificado con ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) para tratamiento complementario de aguas residuales rurales.	Alcanzo un DQO de 93%
07	Características físicas y químicas modificadas				x	Zhang, Y., Chen, Z., Wu, P., (...), Wang, F., Li, S.	Asia - China	Verificar el sistema Electro-Fenton (EF) heterogéneo tridimensional (3D) con electrodo de difusión de gas (GDE) mejorado como cátodo y óxido de grafeno dopado / reducido con nitrógeno magnético (Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> / N-rGO) ayuda a la eliminación de bisfenol A (BPA)	Alcanzo un DQO de 78%

08	Características físicas y químicas modificadas				x	Alizadeh Fard, M., Barkdoll, B.	América del sur - EE.UU.	Evaluar la aplicabilidad de los sistemas Electro-fenton (EF) y Electro-fenton-fenton (EFF), añadiendo una combinación de oxalato y persulfato con estos sistemas (EF-Oxalato, EFF-Oxalato, EF-Persulfato y EFF-Persulfato), para la degradación del ketoprofeno como un contaminante emergente.	Alcanzo un DQO de 68%
----	--	--	--	--	---	---------------------------------	--------------------------	---	-----------------------

  
 Dr. ELMER G. BENITES ALFARO  
 Ing. Químico  
 Investigador CONCYTEC  
 Código Renacy P0034858  
 CIP 71998



Atentamente,

Juan Julio Ordoñez Galvez

DNI: 08447308



Dr. RUBEN MUNIVE CERRON  
 CIP N° 38103

## Proceso del método de oxidación avanzada durante el tratamiento de aguas residuales industriales mediante Electro-Fenton

FICHA 4: Proceso del método de oxidación avanzada durante el tratamiento de aguas residuales industriales mediante Electro Fenton.									
		Titulo		Aplicación del proceso electro-fenton en el tratamiento de aguas residuales industriales: Una revisión sistemática					
		Línea de Investigación		Calidad y Gestión de los Recursos Naturales					
		Responsable		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fernandez Inca, Mirtha Yovani</li> <li>- Quispe Machaca, Luis Joel</li> </ul>					
		Asesor		Dr. Rubén Víctor Munive Cerrón					
Nº	Categoría	Dosis para el Proceso de oxidación				Autor(es)	Región / País	Objetivo	Proceso
		Tiempo de reacción	Dosis de Fe <sup>2+</sup> (mol)	Dosis de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (mol)	Densidad de corriente (mA)				
01	Proceso de oxidación avanzada	fenton, electro-fenton y foto-fenton	electro-fenton (5.5) y foto-fenton (6.0)	electro fenton (3.0) y foto-fenton (2.4)	10 mA	H. A. Blas López, G. H. Lopesa, A. C. Silva Costa Teixeirab, C. E. Flores Barredaa, P. A. Pantoja	América del Sur - Perú	Analizar la relación del fenton, electro-fenton y foto-fenton con el fenol bajo condiciones óptimas	Electro-fenton
02	Proceso de oxidación avanzada	electro-fenton	5 mol	5 mol	8 mA	Ángel G. Castro, Maynard J. Kon	América del Sur - Perú	Controlar de forma electroquímica a la cantidad del agente coagulante a través del uso de ánodos de fieltro gráfico	Electro-fenton

								recubiertos con hierro y catalizar el proceso electro-fenton	
03	Proceso de oxidación avanzada	foto-fenton	4 mol	3 mol	7.5 mA	César Gutiérrez, Alex Pilco	América del Sur - Perú	Aplicar la metodología de superficie de respuesta para evaluar la condición óptima experimental y remover los compuestos orgánicos del agua residual textil al usar reactor fotoquímico	Electro-fenton
04	Proceso de oxidación avanzada	fenton	1 mol	10 mol	8.9 mA	Proaño, R.G.S., Gualoto, K.J.G.	América del Sur - Ecuador	Aplicar el proceso de oxidación avanzada de fenton modificado en condiciones óptimas de reactivos $FeSO_4/$ $H_2O_2=1$ y $C_6H_8O_7/$ $H_2O_2=2$ y aumentar el índice de biodegradabilidad	Electro-fenton



								ad a 0,46 y reducir la DBO5 y DQO en eficiencias de 12,54% y 44,4% respectivamente	
05	Proceso de oxidación avanzada	fenton	1 mol	2 mol	7.6 mA	Huang, D., He, J., Gu, Y., He, F.	Asia - China	Aplicar el método fenton de hierro de valencia cero sulfurado mecanoquímicamente (S-ZVI) a partir de molienda de bolas de ZVI y polvo de azufre para la eliminación total de fenol normalizada del área superficial	Electro-fenton
06	Proceso de oxidación avanzada	fenton	3 mol	6 mol	8.2 mA	Souza, J.L., Aguiar, A.	América del Sur - Brasil	Evaluar la degradación de Pardo Bismarck Y, tinte diazo por procesos fenton, dicha evaluación fue mediante la	Electro-fenton


								decoloración del tinte en solución en presencia de seis FDL: ácidos ferúlicos, siríngico y vainillo, alcohol vanílico, siringaldehído y vainillina	
07	Proceso de oxidación avanzada	Cupo-fenton	4 mol	5 mol	6.9 mA	Friedrich, L.C., Zanta, C.L.P.S., Machulek, A., Quinab, F.H.	América del Sur - Brasil	Analizar in situ las reacciones fenton y cupro-fenton mediante análisis voltamétrico	Electro-fenton
08	Proceso de oxidación avanzada	fenton	4 mol	0.3 mol	7.2 mA	Biazati, L.B., Moreira, T.F.M., Neto, R.R., (...), Freitas, M.B.J.G., Lelis, M.F.F.	América del Sur - Brasil	Estudiar la viabilidad de un proceso de degradación de benzo (a) pireno en matrices acuosas por oxidación con reactivo de Fenton y utilización de magnetitas puras y dopadas (con iones	Electro-fenton

								Co <sup>2+</sup> reemplazand o algunos de los iones Fe <sup>2+</sup> ) y peróxido de hidrógeno	
09	Proceso de oxidación avanzada	fenton	1.5 mol	2 mol	6.9 mA	Augustine, Ayeni, Opeyemi A. Adeeyo, Temitayo E. Oladimeji	África - Nigeria	Evaluar el efecto del proceso de oxidación avanzada de Fenton al tratar las aguas residuales industriales (destilería) y comparar los efectos de las cargas de Fe <sup>2+</sup> , las dosis de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (2% (v / v) y 4% (v / v)), el tiempo y temperatura de la reacción	Electro-fenton
10	Proceso de oxidación avanzada	electro-fenton	7 mol	3.5032 mol	8.6 mA	Rodriguez, M., Barrios J.A., Becerril-Bravo E., Rodrigo M.A., Barrera, C.E.	América del Norte - México	Comparar los resultados de los tres procesos de oxidación avanzados integrados:	Electro-fenton

								electro-fenton / electro oxidación / ozonización (EF / EO / O3) a la degradación del endosulfán	
11	Proceso de oxidación avanzada	fenton, foto-fenton, electro-fenton, ozon-fenton y sono-fenton	fenton (3.2) y foto-fenton (4.5), electro-fenton (5.6), sono-fenton (4.0)	fenton (3.86) y foto-fenton (3.67), electro-fenton (4.693), sono-fenton (3.751)	9.1 mA	Liang, D., Li, N., An, J., (...), Wu, Y., Liu, H.	Asia - China	Analizar la degradación de MC-LR mediante tecnologías basadas en Fenton (Fenton convencional, foto-Fenton, electro-Fenton, ozono-Fenton y sono-fenton)	Electro-fenton
12	Proceso de oxidación avanzada	electro-fenton	4.96 mol	3.512 mol	10 mA	Fu, Y., Li, W., Li, H., Huang, M.	Asia - China	Simplificar la complejidad del sistema de medición del proceso de Electro Fenton, y, al mismo tiempo, superar el efecto de las interferencias que	Electro-fenton

								contienen hierro durante la medición	
13	Proceso de oxidación avanzada	electro-fenton	3.84 mol	3.975 mol		Inticher, J.J., Cabrera, L.C., Guimarães, R.E., (...), Seibert, D., Borba, F.H.		Proporcionar comprensión integral del potencial de aplicación del proceso PEF-BDD para el tratamiento eficiente de aguas superficiales y subterráneas contaminadas con pesticidas en una mezcla.	Electro-fenton
14	Proceso de oxidación avanzada	electro-fenton	4.6 mol	3.862 mol	7.3 mA	Raj, R., Tripathi, A., Das, S., Ghangrekar, M.M.	Asia - India	Estudiar los diferentes procesos de oxidación avanzada electroquímica (EAOP), a saber, el proceso de oxidación anódica (AO) y el proceso de electro-fenton (EF) como técnicas	Electro-fenton

								alternativas para la eliminación de alcaloide en las aguas residuales	
15	Proceso de oxidación avanzada	electro-fenton	5.2 mol	2.98 mol	9.1 mA	Sathe, S.M., Chakraborty, I., Sankar, V.R., (...), Dubey, B.K., Ghangrekar, M.M.	Asia – India	Desarrollar una porción de combustible microbiana bio-electro-Fenton (BEF-MFC) para degradar el dodecilsulfato de sodio (SDS) de los efluentes	Electro-fenton
16	Proceso de oxidación avanzada	electro-fenton	4.56 mol	3.245 mol	8.6 mA	Mier, A.A., Olvera, H., Mejía, M., (...), Sebastian, P.J., Arias, D.M.	América del Norte - México	Examinar el avance en los materiales de los electrodos innovadores para BES procedentes	Electro-fenton

  
 Dr. ELMER G. BENITES ALFARO  
 Ing. Químico  
 Investigador CONCYTEC  
 Código Renacy P0034858  
 CIP 71998

Atentamente,  
  
 Juan Julio Ordoñez Galvez  
 DNI: 08447308

  
 Dr. RUBEN MUNIVE CERRON  
 CIP N° 38103