

Remoción de colorantes de efluente sintético de industria textil aplicando tecnología avanzada de electrocoagulación

Removal dyes textile effluent applying advanced technology of electrocoagulation

Martha Bermeo G.¹, Óscar Tinoco G.²

RECIBIDO: 11/10/2016 - APROBADO: 08/11/2016

RESUMEN

Un problema ambiental lo constituyen los compuestos orgánicos refractarios como los colorantes, que interfieren en los procesos fotosintéticos que realizan los organismos en cuerpos hídricos. Estos contaminantes se encuentran presentes en las aguas residuales de industrias como la textil, papelería, curtiembre, farmacéutica, entre otros, cuyos procesos generan grandes volúmenes de aguas residuales. El objetivo de esta investigación fue remover colorantes de efluente sintético de industria textil, aplicando tecnología avanzada, para lo cual se empleó electrocoagulación. Esto permite llevar a cabo un tratamiento sin utilizar reactivos, usando cargas eléctricas que desestabilizan las partículas coloidales, facilitando su precipitación, para lo cual se utilizaron electrodos de hierro con 0.8 mm de separación. La metodología aplicada se basa en las variaciones de densidad de corriente, pH y tiempo de residencia. Las variables de respuesta son porcentaje de remoción de color y la demanda química de oxígeno. Como resultado de las experimentaciones, se obtuvo una remoción del 97.57 % de demanda química de oxígeno y 99.11 % de color a densidad de corriente 27.9 A/m², pH de 10 y en un tiempo de reacción de 8 min. Esta experiencia puede ser aplicada con otro tipo de efluentes.

Palabra clave: Electrocoagulación, agua residual, industria textil, colorantes refractarios.

ABSTRACT

At present an environmental problem are refractory organic compounds such as dyes, which interfere with photosynthetic processes carried out by organisms in water bodies. Contaminants present in wastewater from industries such as textiles, paper, and pharmaceutical tannery among others, whose processes generate large volumes. The objective of this research was to remove dyes synthetic effluent textile, applying advanced technology to which electrocoagulation is used, this research allows to carry out a treatment without reagents, using electrical charges which destabilize the colloidal particles facilitating their precipitation, for which iron electrodes used with 0.8 mm spacing. The methodology is based on variations in current density, pH and residence time, the response variables are percentage of color removal and chemical oxygen demand. As a result of the experimentations removal efficiency of 97,57% of Chemical Oxygen Demand color and 99,11% , current density 27,92 A/m², pH 10 and a reaction time of 8min was obtained. This experience can be applied to other effluents.

Keywords: Electrocoagulation, wastewater textile industry, refractory dyes.

¹ Docente. Universidad de Guayaquil, Facultad de Ingeniería Química, Doctorante Unidad de Posgrado de la FIGMMG. UNMSM. E-mail: martha.bermeog@ug.edu.ec

² Docente Doctorado Ciencias Ambientales. Unidad de Posgrado de la FIGMMG. UNMSM. E-mail: otinocog@gmail.com.

I. INTRODUCCIÓN

Dentro de los contaminantes del agua residual de la industria textil, se encuentran los compuestos orgánicos refractarios de alta toxicidad. Entre ellos están fenoles, sulfuros, cromo y colorantes; todos considerados refractarios y posibles de ser removidos mediante la técnica de electrocoagulación. Los colorantes, en especial los de origen sintético, presentes en las aguas residuales, son responsables de muchos de los efectos nocivos sobre la flora y la fauna acuática. Los más significativos son la disminución del oxígeno disuelto, la eutrofización, la formación de compuestos recalcitrantes y tóxicos para las células y la obstaculización del paso de la luz a los cuerpos de agua y su deterioro estético (Álvarez, 1999).

Por otra parte, a partir de derivados del petróleo se obtienen colorantes sintéticos con características superiores a la de los colorantes naturales, tanto en lo referido a las propiedades fisicoquímicas como a las ventajas funcionales de su aplicación luego del teñido. Estos colorantes presentan resistencia a la degradación (Red Argentina, 2012).

La clasificación industrial, creada por la Corporación para la Investigación Socioeconómica y Tecnológica de Colombia, cataloga a los efluentes del sector textil como de alto impacto ambiental y los define como vertidos de Alta Significación Ambiental -ASA. El mayor impacto negativo en este sector industrial lo originan los efluentes líquidos (Corporación para la Investigación Socioeconómica, 1990)

En esta investigación se emplean procesos de oxidación electroquímica, con aporte de energía, específicamente electroquímica, y se aplica electrocoagulación a las aguas residuales de industrias textiles. Los procesos de oxidación avanzada (POA) son aplicados en aguas residuales que tienen baja biodegradabilidad y una alta estabilidad química, como es el caso de los colorantes. Dentro de los procesos de oxidación avanzada se encuentran los procesos homogéneos con aporte de energía o sin ella y los procesos heterogéneos. Asimismo, los procesos de oxidación avanzada tienen la misma característica química, que consiste en la producción de radicales OH^\bullet , los cuales son especies muy reactivas que actúan sobre la mayoría de las moléculas orgánicas, y son de baja selectividad (Osorio, 2014).

Procesos Oxidación Avanzada $\rightarrow \bullet\text{OH} \xrightarrow{\text{contaminación}} \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{iones inorgánicos}$

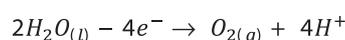
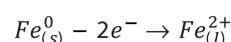
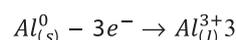
Las reacciones ejemplarizadas se realizan en un reactor de electrocoagulación, que consiste en una celda electroquímica donde el ánodo metálico, de hierro en esta investigación, se usa como agente coagulante para la desestabilización de las partículas coloidales. La electrocoagulación produce cationes metálicos *in situ*, en lugar de dosificarlos externamente (Figura N° 1). Simultáneamente con la electrocoagulación, se generan gases electrolíticos, especialmente hidrógeno en el cátodo. La técnica tiene la capacidad de remover un amplio rango de contaminantes, incluyendo sólidos suspendidos, metales pesados, colorantes, materia orgánica, grasas, aceites, iones y radionúclidos. Las propiedades fisicoquímicas de los contaminantes influyen e interactúan en el sistema de remoción de

contaminantes, por ejemplo, los iones son probablemente electros precipitados, mientras que los sólidos suspendidos son absorbidos por el coagulante (Barrera, 2014).

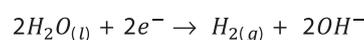
A consecuencia y en el transcurso de dicho proceso electrolítico, las especies catiónicas producidas en el ánodo entran en la solución, reaccionando con las demás especies y forman hidróxidos metálicos, junto con óxidos metálicos (M. Piña-Soberanis et al, 2011).

A continuación se muestran:

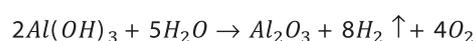
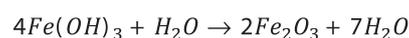
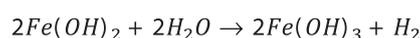
Reacciones en el ánodo:



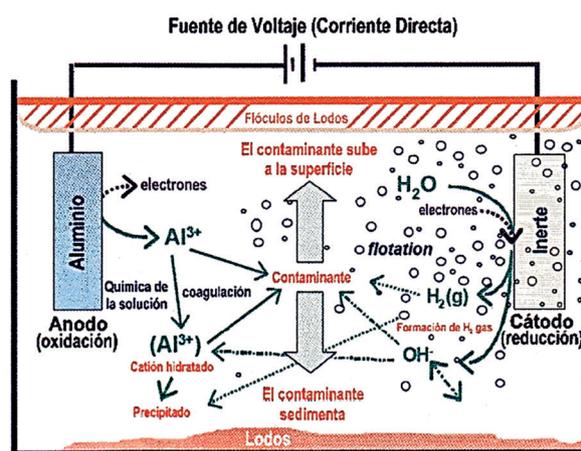
Reacción en el cátodo:



Reacciones en el seno de la solución: Electrocoagulación



Por lo expuesto, el objetivo de esta investigación fue remover colorantes orgánicos e inorgánicos de efluentes textiles por medio de la técnica de electrocoagulación con electrodo de hierro.



Fuente: Adaptado de Barrera, 2014.

Figura N° 1. Remoción de contaminantes con electrodo de hierro.

II. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Metodología

El fundamento de la investigación se basa en los principios de la electroquímica y, en especial, de la electro-

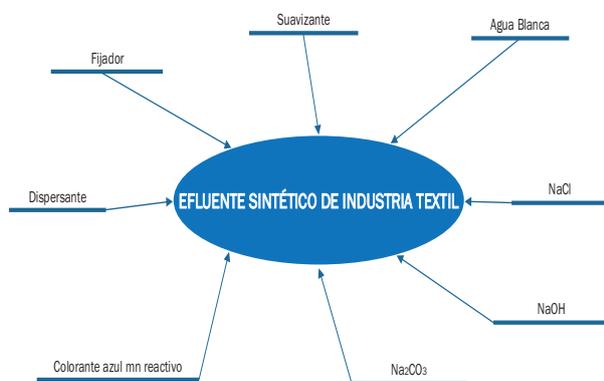
coagulación. El funcionamiento del método de electrocoagulación consistió en la adición de coagulante (iones metálicos), dando como resultado la desestabilización de los coloides, lo que va a formar aglomeraciones de un tamaño que depende principalmente de la carga inicial presente de sólidos suspendidos, color y turbiedad mediante la actuación de un campo eléctrico (Barrera, 2014).

La electrocoagulación es una técnica que implica la adición electrolítica de coagulantes iones metálicos al electrodo; estos iones, positivos, se absorberán sobre los coloides, negativos, como ciertas sustancias químicas que ayudan a la coagulación en el método químico. Con el siguiente proceso se buscó remover la mayor cantidad de materia contaminante presente en el agua residual a tratarse. Para tal efecto, se usaron electrodos de hierro con las configuraciones necesarias para obtener los resultados esperados y necesarios, según el amperaje y voltaje que cada uno exija (Cañizares, 2008).

Se prepararon 100 litros de la muestra sintética de agua residual de industria textil, mediante reactivos y fórmula proporcionados por una industria, Figura N° 2. Luego se realizó su caracterización, y se procedió a efectuar las diferentes pruebas experimentales en lote, observándose el comportamiento de las variables fisicoquímicas en el medio acuoso, recolectando información que permitió determinar los valores de corriente eléctrica, distancia entre electrodos, tiempo de tratamiento y pH óptimos.

2.2. Operación de la celda de electrocoagulación

- Llenar la cuba de electrocoagulación con 3 litros de muestra.
- Conectar la fuente de energía.
- Colocar los electrodos.
- Se enciende la fuente de poder.
- Se ajusta el amperaje y el voltaje.
- Se acciona el cronómetro para controlar el tiempo de tratamiento.
- Estabilizar las variables de operación.
- Toma de datos experimentales.
- Apagar la fuente de poder.
- Se saca los electrodos para limpieza y mantenimiento.



Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 2. Composición de efluente textil para 1 kg de tela.

Las variables de respuesta que se determinaron fueron demanda química de oxígeno, color, con sus respectivos porcentajes de remoción. Durante el proceso se realizaron mediciones de pH, conductividad y otros parámetros del medio acuoso. Los análisis se realizaron de acuerdo con los procedimientos del Estándar Métodos para Análisis de Aguas y Aguas Residuales, edición 22, 2012.

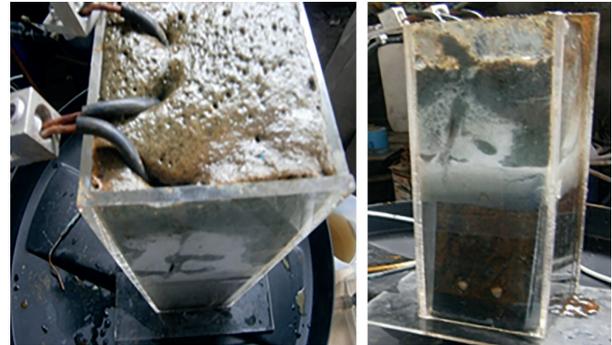


Figura N° 3. Prueba en lote de electrocoagulación.

La electrocoagulación se llevó a cabo en pruebas en lote (Figura N° 3). Una vez establecido el nivel de remoción en una celda con la capacidad de 3 litros, con una configuración 3x2, provista de 1 electrodo de hierro, con 9 placas, con separaciones de 0.8 mm (Red Argentina, 2012), dispuestos alternadamente y en forma paralela, los cuales se conectaron a una fuente de voltaje con control para la corriente en rango de 0-60A.

Factores experimentales:

- Densidad de corriente
- pH
- Tiempo

Factores respuestas:

- Color
- DQO

III. DISCUSIÓN Y RESULTADOS

En la Tabla N° 1 se pueden observar los datos experimentales de una media de tres repeticiones, aplicando una densidad de corriente de 27.92 9 A/m², y una configuración de electrodos de 3x2, se logra una remoción del 99.06 % de color y un 96.10 % de remoción de demanda química de oxígeno, lo cual se observa en las Figuras N° 1 y 2.

Tabla N° 1. Corrida con configuración 3x2. 27.92 9 A/m²

t(min)	Pt/Co	% Remoción de color	DQO mg/L	% Remoción DQO
0	3500	0,00	1300	0,00
2	2906	16,97	294,67	77,33
4	369,33	89,45	69,33	94,67
6	100	97,11	58,67	95,48
8	32,67	99,07	50,67	96,10

Partiendo de los datos de la tabla anterior, se elaboran las Figuras N° 4 y 5, en las que se puede observar la disminución del color de 3500 a 33 U Pt/Co con un porcentaje de remoción del 99 % y para DQO, la remoción del 96 %.



Figura N° 4. Color, % remoción vs tiempo conf. 3x2.



Figura N° 5. Demanda química de oxígeno, % remoción vs tiempo.

IV. CONCLUSIONES

En esta investigación se aplicó el proceso de electrocoagulación para tratar aguas residuales, muestras sintéticas de industria textil, se determinaron las condiciones óptimas de operación del sistema de electrocoagulación con una configuración de los electrodos 3x2 y se observa que el

pH de operación es 10, el cual hace la diferencia de la mayoría de las investigaciones que realizan las pruebas con pH ácido. Otro parámetro importante es la intensidad de corriente eléctrica, para este caso 15 amperios y 18 voltios, los cuales influyen en la remoción de materia orgánica y color. Este procedimiento es efectivo para remover compuestos refractarios de aguas residuales industriales, logrando una eficiencia de remoción del 97.57 % de demanda química de oxígeno y 99.11 % de color. Comparado con el método de aplicación de químicos, su costo es más bajo, por tanto, económicamente más viable.

V. AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Guayaquil, a la Facultad de Ingeniería Química de la UG, a la Unidad de Posgrado de la FIGMMG de la UNMSM.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Álvarez, H. O. (1999). *Propuesta para la prevención y reducción de contaminantes y reducción a las aguas residuales en una planta de teñido de hilo e hilazas*. Medellín: Sena.
- [2] Barrera (2014). *Aplicaciones electroquímicas al tratamiento de aguas residuales*. México: Reverté.
- [3] Cañizares (2008). *Procesos electroquímicos*. Colombia: Tragua.
- [4] Corporación para la Investigación Socioeconómica, d. C. (1990). *Textiles, planes de acción para el mejoramiento ambiental*. Dama.
- [5] M. Piña-Soberamis et al. (2011). Revisión de variables de diseño y condiciones de operación en la electrocoagulación. *Mexico: Revista Mexicana de Ingeniería Química*.
- [6] Osorio, F. (2014). *Tratamiento de aguas para la eliminación de microorganismos y agentes contaminantes*. España: Díaz de Santos.
- [7] Red Argentina (2012). *Colorantes textiles*. Red textil Argentina.