

Reducción de colorantes de efluente sintético de industria textil mediante electrocoagulación

Reducing dyes synthetic textile effluent by electrocoagulation

Autor:

Martha Bermeo Garay

Docente de la Facultad de Ingeniería Química

*Universidad de Guayaquil, Facultad de Ingeniería
Química, Av. Delta y Av. Kennedy,*

*Guayaquil – Ecuador Teléfono: 0994010440,
E – mail: martha.bermeog@ug.edu.ec.*

RESUMEN

En la investigación se separaron diversos contaminantes, de origen orgánico e inorgánico, de aguas residuales, por medio de tratamientos avanzados, técnicas limpias y eficientes para la remoción de compuesto como pigmentos y colorantes sintéticos usados en la industria textil que generan en sus procesos grandes volúmenes de agua residual, con compuestos que afectan el ambiente. Estos se caracterizan por concentraciones elevadas de parámetros como Demanda Química de Oxígeno, color y salinidad. El objetivo de la investigación es reducir el colorante de un efluente sintético de industria textil mediante electrocoagulación. La experimentación se inicia con la preparación de muestra sintética y su caracterización; se realizan pruebas en lotes con 3 litros de muestra, a diferentes configuraciones de las celdas, con intensidad de corriente de 5, 10 y 15 amperios en tiempos determinados a pH de 10, utilizando electrodos de hierro. Los resultados óptimos obtenidos fueron con la configuración de 4 celdas y 2 paquetes a 10 amperios y 15 voltios, con un tiempo de permanencia de 3 minutos. En conclusión, se obtuvo una remoción de 90% de Demanda Química de Oxígeno y 97% de color.

Palabras Claves: Colorantes, Efluente textil, Electrocoagulación.

ABSTRACT

In this research the separation of pollutants from organic and inorganic wastewater is carried out by means of advanced treatments, clean and efficient techniques for removing compound as pigments and synthetic dyes used in the textile industry, which generate in their processes large volumes of wastewater, with compounds that affect the environment, these are characterized by high concentrations of parameters such as chemical oxygen demand, color and salinity. The objective of this research is to reduce the coloring of a synthetic effluent textile industry by electrocoagulation. Experimentation begins with the preparation of synthetic sample and characterization, testing batches performed with 3 liters of sample, various configurations of cells with current of 5, 10 and 15 amperes at determined time at pH of 10, using iron electrodes. The best results were obtained with 4-cell configuration and 2 packets to 10 amps and 15 volts, with a residence time of 3 minutes. Conclusion was obtained a removal of 90% of chemical oxygen demand and 97% color.

Keywords: Dyes, Textile Effluent, electrocoagulation.



Hoy en día la contaminación del recurso hídrico es grave. Ello en parte se debe a la utilización de productos químicos como fertilizantes, pesticidas y colorantes. La industria textil genera grandes volúmenes de aguas residuales, contaminadas con colorantes de gran persistencia en el ambiente. Una solución para esta problemática es desarrollar tratamientos a nivel industrial con la aplicación de procesos electroquímicos como la electrocoagulación.

La electrocoagulación es un proceso complejo. En él, de manera sinérgica, opera una multitud de mecanismos para remover contaminantes del agua. Dicha tecnología libera el coagulante generado en una celda electroquímica, proveniente de la corrosión del ánodo (aluminio o hierro) debido al potencial aplicado, mientras que, simultáneamente, en el cátodo se genera hidrógeno (Nora, y otros, 2007). La aplicación de este tratamiento ofrece beneficios, tanto económicos como ambientales. El mismo es de fácil infraestructura y operación y alta efectividad para la remoción de un amplio rango de contaminantes. La electrocoagulación reduce la contaminación en los cuerpos hídricos y permite su reciclaje.

Las nefastas consecuencias de verter aguas residua-

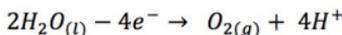
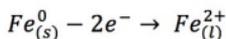
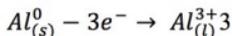
les a la naturaleza es causante de serios daños ambientales. Ello motivó la investigación. Con ella se pretende contribuir a evitar las sabidas problemáticas ambientales. La aplicación de la electrocoagulación permitirá descargar aguas residuales, con toda confianza a un cuerpo hídrico, tras eliminar cualquier tipo de contaminante. Con ella se ofrece a la industria textil una opción eficaz de tratamiento de sus efluentes.

La electrocoagulación es un proceso de desestabilización de partículas contaminantes disueltas en un medio acuoso, a partir de la inducción de corriente eléctrica en el agua residual, a través de electrodos de hierro o aluminio. El agua tratada por electrocoagulación contiene menos carga contaminante que las tratadas con productos químicos. Ello disminuye los costos de tratamiento de estos efluentes en el caso de ser reusados.

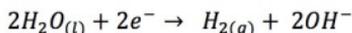
Reacciones de la electrocoagulación

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, formando hidróxidos metálicos y precipitando los respectivos óxidos. (M. Piña-Soberamis et al, 2011)

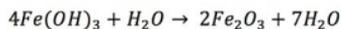
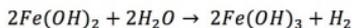
Reacciones en el ánodo:



Reacción en el cátodo:



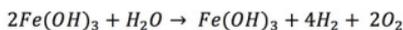
Reacciones en el seno de la solución: Electrocoagulación



Reacciones de la electrofloculación

La electrofloculación favorece la remoción de contaminantes debido a que estos son arrastrados por las burbujas de gas generadas durante el proceso, razón por la cual tienden a flotar a la superficie. Este proceso es caracterizado por una significativa reducción de lodos de 10 - 20 veces menos, esto dependerá de la contaminación del efluente. (Figura 1)

Reacciones en el seno de la solución: electrofloculación

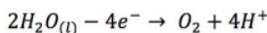


Al generarse iones de aluminio o hierro se combinan con los contaminantes; las burbujas de gas generado capturan el aglomerado coagulado y lo llevan a la superficie igual a flotación por aire disuelto.

Reacciones de la electroflotación

El efecto desestabilizador de la electricidad y las propiedades de los floculantes de los metales se combinan para coagular y flocular los contaminantes. Las microburbujas atrapan los flocúlos y suben a la superficie del líquido formando una capa de espuma estable; finas burbujas de aire son introducidas para actuar en el proceso de flotación. Generalmente, la electroflotación se produce cuando hay una electrolisis del agua, y como resultado se producen pequeñas burbujas de oxígeno e hidrógeno a través de las reacciones. (Ibañez, 1997).

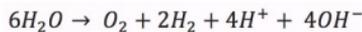
Reacción en el ánodo:



Reacción en el cátodo:



Reacciones en el seno de la solución: Electroflotación



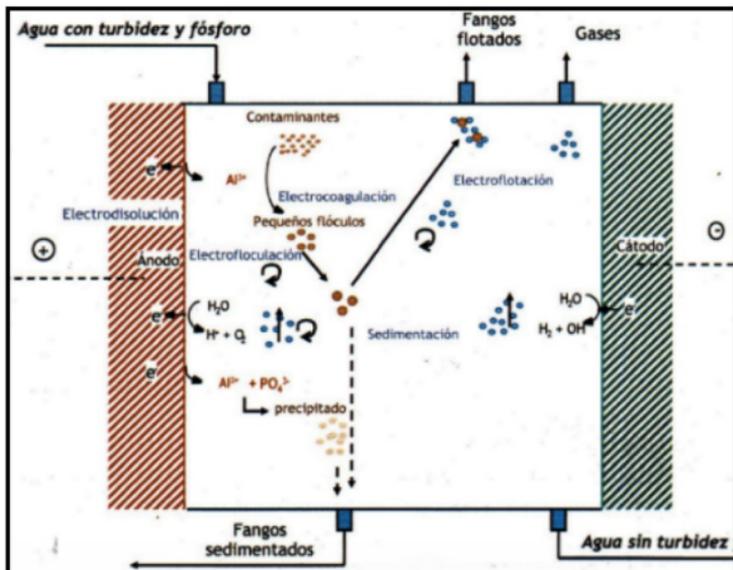


Figura 1. Reacciones y procesos que ocurren en la celda electroquímica

Fuente: (Barrera, 2014)

METODOLOGÍA

El fundamento de la investigación propuesta se basa en los principios de la electroquímica y, en especial, de la electrocoagulación. El funcionamiento del método de electrocoagulación consiste 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 adicción 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 busca remover la mayor cantidad de materia contaminante presente en el agua residual a tratarse.

Para tal efecto se usarán 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).

Como variable de respuesta se midió el % de remoción de Demanda Química de Oxígeno y la concentración de color. Respuestas que se obtuvieron midiendo parámetros antes y después de cada tratamiento, siguiendo los diferentes métodos de lectura en los equipos de medición. 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.

La electrocoagulación se llevó a cabo en pruebas en lote. Una vez establecido el nivel de remoción en una celda con la capacidad de 3 litros, provista de 1 electrodo, con 9 placas, todos de hierro con separaciones de 0,8 mm 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:

- Cantidad de corriente (A y V)

Factores respuestas:

- Color (PtCo, unidades de color en escala platino-cobalto)
- Turbiedad (NTU, unidades nefelométricas de turbiedad)
- pH
- DQO (mg/l)

Para establecer el diseño experimental se obtuvieron las muestras sintéticas a las cuales se realizó su caracterización (Tabla 1), después se efectuó las

diferentes pruebas experimentales pruebas en lote donde se observó el comportamiento de diferentes variables fisicoquímicas en el medio acuoso, recolectando información que permitió determinar los valores de corriente eléctrica, distancia entre electrodos, tiempo de tratamiento y pH (Tabla 2). Para determinar la factibilidad de electrocoagulación en los efluentes de aguas contaminadas por colorantes de origen textil, se utilizó configuración de 4x2, obteniendo las relaciones existentes entre los tiempos de desestabilización, contra dos factores respuesta, que son remoción de color y Demanda Química de Oxígeno. Así se determinó de forma adecuada el diseño del experimento, de tal manera que los resultados obtenidos tengan una importancia estadística descriptiva del proceso, los cuales se pueden observar en las Figura 2 y 3.

Tabla 1. Caracterización de la muestra Sintética

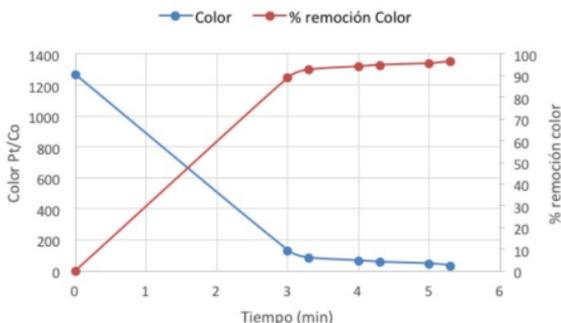
Parámetro	Inicio	Final	Unidad
pH	10	10	-
DQO	1760	72	mg/l
DBO	588	40	mg/l
SST	132	34	mg/l
Color	2200	43	PtCo
Conductividad	8,43	5,78	mS/cm
Resistencia	0,105	0,17	K Ω -cm
Temperatura	26	26	°C
Salinidad	5,5	3,3	ppt
STD	6540	3800	mg/l
A & G	37	0	mg/l
ST	5300	4600	mg/l
Turbiedad	15,5	1,6	NTU

Fuente: Laboratorio de Aguas Facultad Ingeniería Química, acreditado Norma 17025

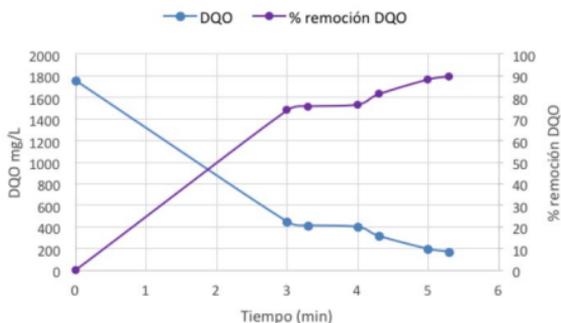
Tabla 2. Pruebas en Lote Configuración 4x2, separación entre placas 0,8mm

tiempo	Color	DQO	% Remoción Color	% Remoción DQO	Amp	Voltios
min	Pt-Co	mg/l				Potencia
0	1270	1760	0	0	10 Å	15 V
3	136	452	89.3	74.3		
3.3	88	420	93.1	76.1		
4	69	404	94.6	77.0		150 W
4.3	60	320	95.3	81.8		
5	49	200	96.1	88.6		
5.3	38	176	97.0	90.0		

Fuente: (Armijos, y otros, 2016)


Figura 2. Pruebas en Lote Color Pt/Co Vs % remoción

Fuente: Elaboración propia


Figura 3. Pruebas en Lote DQO mg/L Vs % remoción

Fuente: Elaboración propia

A continuación se determina la cantidad de coagulante que se ha liberado del electrodo:

$$gFe = \frac{I * t * PM Fe * \#celdas}{n * F}$$

$$gFe = \frac{10 A * 3600s * 55,85gr/mol * 4celdas}{2 * 96500c}$$

$$gFe = 41,67gr Fe$$

$$concentración = \frac{41,67grFe}{90lt} = 0,46 gr Fe/lt$$

Consumo Energético:

$$I = 10 A \quad T = 15 v \quad P = 150 A v = 0,15 KvA$$

$$\frac{0,15 KvA}{90lt} \times \frac{1000lt}{1m^3} = 1,66 kw/m^3$$

Análisis de costos por m3 de agua tratada. Energía eléctrica

$$\frac{1,66 kw}{m^3} \times \frac{0,08USD}{1kw} = 0,13 USD/m^3$$

Se consume 1,66 kw/m3 de agua tratada a un costo de \$ 0,14

Material: electrodos de hierro.

$$41,67 grFe \times \frac{0,50 USD}{1000 grFe} = 0,020 USD/m^3$$

$$\Sigma Costos = Energía + Material$$

$$\Sigma Costos = 0,13 USD/m^3 + 0,020 USD/m^3$$

$$\Sigma Costos = 0,15 USD/m^3$$

CONCLUSIONES

Al aplicar el proceso de electrocoagulación para tratamiento de aguas residuales de la industria textil con contenido de colorantes, haciendo uso de placas de hierro como electrodos y diferentes configuraciones, se llega a la óptima configuración de los electrodos para lograr la separación de los contaminantes en el tiempo mínimo establecido, a nivel experimental. Es posible afirmar que es eficiente el método para la remoción de carga contaminante.

- Al hecho de que la configuración aplicada fue de 2 electrodos de 4 celdas y 2 paquetes, una intensidad de 10 Amperios, tensión 15 Voltios, y un tiempo de residencia de 3 minutos, con una remoción de Demanda Química de Oxígeno de 90% y de color de 97%, se sumó que el costo del tratamiento del agua residual es de 0,15 USD/m3, el cual incluye la electricidad y el material utilizado (electrodo de hierro). Comparado con el método de aplicación de químicos, su costo es más bajo, por tanto económicamente más viable.



Referencias bibliográficas

- Armijos, Bryan y Samaniego, Fabian. 2016. *Proceso de oxidación avanzado mediante electrocoagulación para tratamiento y reutilización de efluentes industriales textiles*. Guayaquil: Universidad de Guayaquil, 2016.
- Barrera. 2014. *Aplicaciones Electroquímicas al Tratamiento de Aguas Residuales*. MÉXICO: REVERTÉ, 2014.
- Cañizares. 2008. *Procesos Electroquímicos*. Colombia: Tragua, 2008.
- Ibañez, Jorge. 1997. *Environmental Electrochemistry*. CALIFORNIA: ACADEMIC PRESS, 1997, pág. 420.
- M. Piña-Soberamis et al. 2011. *Revisión de variables de diseño y condiciones de operación en la electrocoagulación*. Mexico: Revista Mexicana de Ingeniería Química, 2011, Vol. 10.
- Nora, Mouso, Luis, Diorio y Flavia, Forchiassin. 2007. *Acción de (wild) Pers. En la degradación de colorantes*. 2007, Vol. 24.