



# Tratamiento de agua del proceso de RTE proveniente de tenerías mediante PEOA

Montañez-Cervantes Alicia Montserrat<sup>1</sup>, Herrera-Chávez Sonia<sup>1</sup>, Bravo-Jiménez Vianey Guadalupe de Jesús<sup>1</sup>, Vázquez-Díaz Martha Alejandra<sup>2</sup>, Peralta-Hernández Juan Manuel<sup>1</sup>

<sup>1</sup>División de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad de Guanajuato, <sup>2</sup>Instituto Tecnológico Superior de la Región Sierra.

## Resumen

Las aguas residuales procedentes de la industria del curtido contienen una importante carga de contaminantes, considerados como los de mayor impacto ambiental. Dado que los métodos convencionales ocasionan un costo elevado de los procesos de tratamiento ya sea por la adquisición de materia prima o por la generación de una gran cantidad de pasivos ambientales, en la actualidad existen técnicas electroquímicas de tratamiento que por su variedad de condiciones de uso en un amplio rango de sistemas y por el bajo costo de la electricidad en el sector industrial, pueden competir con las técnicas convencionales en el tratamiento de efluentes de la industria del curtido o textil, causantes de una alta carga contaminante ambiental. El presente trabajo plantea la investigación y utilización de los tipos de reactores electroquímicos para el tratamiento de efluentes en la industria del curtido, en especial en las tenerías, ya que es ahí en donde se desecha gran cantidad de agua con distintos contaminantes. Por lo tanto, el reactor electroquímico, se puede considerar como una celda electrolítica cuyos elementos conductores de corriente (ánodos y cátodos), son sumergidos en el fluido por tratar, que contiene los metales o sustancias que van a ser retirados, y que es aprovechado como medio electrolítico. Para que el reactor funcione, se requiere de una fuente externa de energía eléctrica que origina las reacciones electroquímicas como consecuencia del flujo de electrones entre los electrodos metálicos y los compuestos presentes en el efluente, generando los procesos de reducción en el cátodo, y los de oxidación en el ánodo.

**Palabras clave:** Reactores electroquímicos; industria del curtido; efluentes industriales; tratamiento de efluentes; contaminación del agua.

## Tipos de reactores electroquímicos que se han utilizado para llevar a cabo en el tratamiento de efluentes de tenería

El reactor electroquímico es el montaje clave en el procesado electroquímico y se puede definir como un “montaje controlado que es capaz de soportar una reacción electroquímica de aplicación práctica. Los reactores electroquímicos son, por lo tanto, celdas electroquímicas que realizan un servicio útil.”

La principal particularidad que presentan los reactores electroquímicos por la propia naturaleza de la tecnología es la utilización de la energía eléctrica. De hecho, el reactor electroquímico es un elemento más en un circuito eléctrico por donde los electrones son obligados a pasar. El reactor electroquímico se puede considerar como un par de elementos sólidos conductores (llamados electrodos) sumergidos en una disolución electrolítica.

Es posible definir varias categorías para los reactores electroquímicos de acuerdo con diversas consideraciones, las cuales se pueden observar en la figura 1.

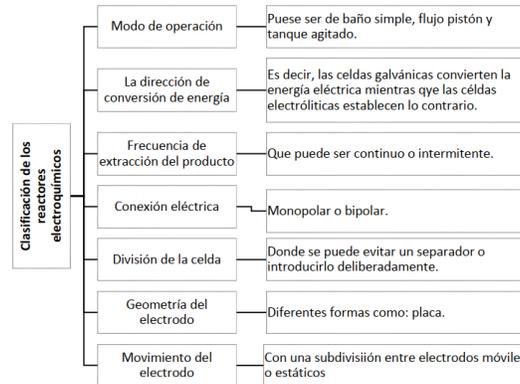


Figura 1. Clasificación de los Reactores Electroquímicos.

Tipos de reactores por el modo de operación. Existen tres clases de reactores ideales, los cuales son:

- **Reactor Batch.** El reactor es alimentado con los reactivos y el electrolito, se agita continuamente durante el tiempo en el que tiene lugar la reacción. Al finalizar el proceso el reactor es descargado y el producto principal aislado.

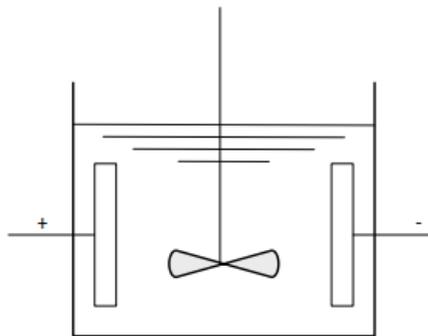


Figura 2. Reactor Batch.

Reactor Bach					
Efluente tratado	Condiciones de reacción	t(min)	Densidad de corriente	Eficiencia	Referencia
a) efluente de una tenería con concentraciones de cromo (III).	Área de los electrodos 4.5 cm <sup>2</sup> , Fe-Fe, Corriente aplicada 2A.	5	444 $\frac{mA}{cm^2}$	Existe remoción de DQO hasta el minuto 3 del 59.82%. A partir del minuto 5, la eficiencia disminuye.	[6]
b) efluente de una tenería con concentraciones de cromo (III).	Área de los electrodos 18 cm <sup>2</sup> , Al (-)-Fe (+), Corriente aplicada 2A.	10	111 $\frac{mA}{cm^2}$	Se tiene un porcentaje de 86.81% de remoción de la DQO.	[6]
c) efluente de una tenería con	Área de los electrodos 72 cm <sup>2</sup> , Al-Al, Corriente aplicada 2A	15	28 $\frac{mA}{cm^2}$	Se tiene un porcentaje de 89.58% de	[6]



concentraciones de cromo (III).				remoción de la DQO.	
---------------------------------	--	--	--	---------------------	--

- **Reactor continuo de tanque agitado.** Puede ser abierto o cerrado y su caudal es idéntico en la entrada como en la salida; la concentración de salida es igual a la concentración dentro del reactor y el tiempo de residencia puede tomar cualquier valor.

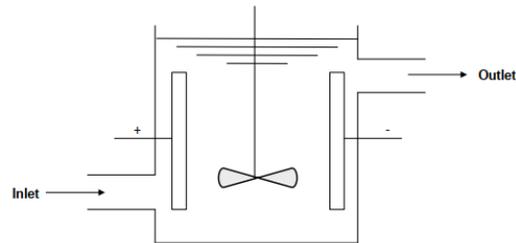


Figura 4. Reactor continuo de tanque agitado.

Reactor tanque agitado.					
Efluente tratado	Condiciones de reacción	t(min)	Densidad de corriente	Eficiencia	Referencia
a) efluente colorante naranja de grado analítico.	Área de los electrodos 4 cm <sup>2</sup> , concentración de 100mg/L. Resistencia 2 A.	5	500 $\frac{mA}{cm^2}$	84.54 $\frac{mg}{L}$ , 15.46 %	Práctica realizada en el laboratorio.
b) efluente colorante naranja de grado analítico.	Área de los electrodos 4 cm <sup>2</sup> , concentración de 100mg/L. Resistencia 2 A.	10	500 $\frac{mA}{cm^2}$	70.12 $\frac{mg}{L}$ , 29.88 %	Práctica realizada en el laboratorio.
c) efluente colorante naranja de grado analítico.	Área de los electrodos 4 cm <sup>2</sup> , concentración de 100mg/L. Resistencia 2 A.	15	500 $\frac{mA}{cm^2}$	59.00 $\frac{mg}{L}$ , 41.00 %	Práctica realizada en el laboratorio.
d) efluente colorante naranja de grado analítico.	Área de los electrodos 4 cm <sup>2</sup> , concentración de 100mg/L. Resistencia 2 A.	20	500 $\frac{mA}{cm^2}$	44.96 $\frac{mg}{L}$ , 55.04 %	Práctica realizada en el laboratorio.
f) efluente colorante naranja de grado analítico.	Área de los electrodos 4 cm <sup>2</sup> , concentración de 100mg/L. Resistencia 2 A.	25	500 $\frac{mA}{cm^2}$	35.24 $\frac{mg}{L}$ , 64.76 %	Práctica realizada en el laboratorio.
g) efluente colorante naranja de grado analítico.	Área de los electrodos 4 cm <sup>2</sup> , concentración de 100mg/L. Resistencia 2 A.	30	500 $\frac{mA}{cm^2}$	24.48 $\frac{mg}{L}$ , 75.52 %	Práctica realizada en el laboratorio.
h) efluente colorante	Área de los electrodos 4 cm <sup>2</sup> , concentración de	35	500 $\frac{mA}{cm^2}$	15.84 $\frac{mg}{L}$ , 84.16 %	Práctica realizada en el laboratorio.



naranja de grado analítico.	100mg/L. Resistencia 2 A.				
i) efluente colorante naranja de grado analítico.	Área de los electrodos 4 cm <sup>2</sup> , concentración de 100mg/L. Resistencia 2 A.	40	500 $\frac{mA}{cm^2}$	8.01 $\frac{mg}{L}$ , 91.99 %	Práctica realizada en el laboratorio.
g) efluente de una tenería con concentraciones de cromo (III).	Área de los electrodos 4 cm <sup>2</sup> , concentración de 100mg/L. Resistencia 2 A.	45	500 $\frac{mA}{cm^2}$	4.08 $\frac{mg}{L}$ , 95.92 %	Práctica realizada en el laboratorio.
c) efluente de una tenería con concentraciones de cromo (III).	Área de los electrodos 4 cm <sup>2</sup> , concentración de 100mg/L. Resistencia 2 A.	50	500 $\frac{mA}{cm^2}$	2.59 $\frac{mg}{L}$ , 97.41 %	Práctica realizada en el laboratorio.

## Reactores Electroquímicos Filtro Prensa

Los reactores electroquímicos del tipo filtro prensa suelen ser los más utilizados en el tratamiento de efluentes procedentes de la industria del curtido. La razón de este uso se debe a diversos factores como pueden ser la alta disponibilidad de recambios, su alta versatilidad o su fácil escalado. Este escalado resulta sencillo siempre y cuando el reactor se encuentre trabajando en unas condiciones de flujo hidrodinámico totalmente desarrolladas, sin embargo, dependiendo del tamaño de las celdas y de su geometría es posible que los reactores se encuentren trabajando en unas condiciones de flujo hidrodinámico especiales caracterizados por un flujo mucho más turbulento del que correspondería al caudal circulante.

A la entrada del reactor el perfil de velocidades se aproxima más a un patrón turbulento más que uno laminar, para cualquier caudal estudiado. Esto se debe al cambio en la geometría que se produce a la entrada/salida del comportamiento de reacción, que genera un alto grado de turbulencia. El estudio del efecto de entrada y de salida puede llevarse a cabo a través de técnicas electroquímicas, por ejemplo, a través del estudio del coeficiente de transporte de materia global.

Reactor Filtro Prensa				
Efluente tratado	Condiciones de reacción	t(min)	Densidad de corriente	Referencia
a) efluente textil Negro IG.	Área de los electrodos 4.5 cm <sup>2</sup> , Fe-Fe, Corriente aplicada 2A.	5	300 $\frac{mA}{cm^2}$	Práctica realizada en el laboratorio.
b) efluente textil Negro IG.	Área de los electrodos 18 cm <sup>2</sup> , Al (-)-Fe (+), Corriente aplicada 2A.	10	300 $\frac{mA}{cm^2}$	Práctica realizada en el laboratorio.

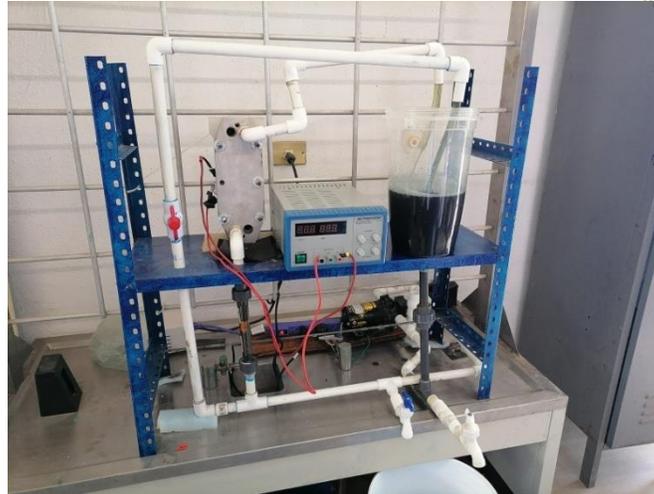


Figura 5. Reactor filtro prensa, escala laboratorio.

## Referencias

- [1] Henry, G., & Heinke, G. (1999). Ingeniería Ambiental (2a edición ed.). (P. Roig, Ed.) México: Prentice Hall.
- [2] Rodríguez, A., Letón, P., Rosal, R., Dorado, M., Villar, S., & Sanz, J. (2006). Tratamientos avanzados de aguas residuales industriales. Informe de vigilancia tecnológica, Universidad de Alcalá, Círculo de Innovación en Tecnologías Medio ambientales y Energía
- [3] Mijaylova, P., López, S., Cardoso, L., & Ramírez, E. (s.f). Tratamiento de efluentes del proceso del curtido al cromo. Instituto mexicano de tecnología del agua, Subcoordinación de tratamiento de aguas residuales, México.
- [4] Valdés A. Diseño preliminar de un sistema de tratamiento de aguas residuales a escala industrial para los efluentes del procesamiento de pieles, Ecuador.
- [5] Martínez F. tratamiento de aguas residuales industriales mediante electrocoagulación y coagulación convencional, Ciudad Real 2007.
- [6] López Araiza M. tratamiento de un efluente proveniente del laboratorio del cuero de ciatec, a.c. mediante un proceso de electrocoagulación. Universidad de Guanajuato, 2016.
- [7] Pérez M. Tratamiento de Lodos Residuales Procedentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Mediante Procesos Electroquímicos Para La Disminución de Metales Pesados (PB). Ecuador, 2016.