

REVISTA AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:
Investigación, desarrollo y práctica.

ELIMINACIÓN DE COMPUESTOS VOLÁTILES OLOROSOS POR ELECTROCOAGULACIÓN

*Djalma Mariz Medeiros¹
Aurelio Hernández Muñoz¹
Aurelio Hernández Lehmann¹
Manoel Lucas Filho²

ELECTROCOAGULATION FOR THE ELIMINATION
OF VOLATILE ODORS COMPOUNDS

Recibido el 9 de agosto de 2011; Aceptado el 5 de octubre de 2011

Abstract

The emission of odors in wastewater treatment plants represents a significant impact. Increased awareness of population about their rights and increased numbers of treatment plants in operation, associated with urban pressures on vacant areas that force the construction of residences and / or entertainment complexes increasingly coming from sewage treatment plants, force companies responsible for the sewage to consider this problem, seeking solutions consistently to avoid conflicts with communities. The use of electrochemical processes for wastewater treatment is becoming increasingly important because of its versatility, small size and capability of automation. In this sense, are of special interest electrocoagulation as a method of treatment of odorous compounds present in wastewater. During this investigation we have studied the removal of odorous volatile compounds (carbon disulfide, toluene and dichloromethane) by electrocoagulation process.

We have investigated the effect of reactor design (configuration 1 power, 2 powers consecutives and configuration of 2 powers separated), the nature of the electrodes (aluminum), and electric current (0.5 A, 2 A, 4 A 6 A, 8 A and 9.5 A).

Satisfactory yields were observed for carbon disulfide and determined optimal performance by aluminum electrodes 2.5 cm apart., Using the one source, and applying extremely low electric current (0.5 amps). Referring to toluene was a slight performance, while there was no meaningful action on the dichloromethane. The configuration of a source, as well as having presented the best yields for carbon disulfide and toluene, require lower power and lower retention time.

Key Words: volatile compounds, electrocoagulation, odor, wastewater treatment plants.

¹ Departamento de Ingeniería Civil, Universidad Politécnica de Madrid.

² Departamento de Ingeniería Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

* Corresponding author: Calle Felipe Cortez, 1481, piso 202, Lagoa Nova - Natal - Rio Grande do Norte. Código Postal: 59056150. Brasil. Email: djalmammedeiros@hotmail.com

Resumen

La emisión de olores en las depuradoras de aguas residuales representa un impacto significativo. Una mayor concientización de la población sobre sus derechos y el aumento del número de depuradoras en explotación, asociadas a las presiones urbanas sobre áreas desocupadas que fuerzan la construcción de residencias y/o complejos de ocio cada vez más próximos de las depuradoras, obligan a las empresas responsables de las depuradoras a considerar este problema, buscando soluciones de forma constante para evitar conflictos con las comunidades. La utilización de procesos electroquímicos para el tratamiento de aguas residuales está adquiriendo cada día más importancia por su versatilidad, reducido tamaño y capacidad de automatización.

En este sentido, resulta de especial interés la electrocoagulación, como procedimiento de tratamiento de compuestos olorosos presentes en aguas residuales. Durante la presente investigación se ha estudiado la eliminación de los siguientes compuestos volátiles olorosos mediante el proceso de electrocoagulación: sulfuro de carbono, tolueno y diclorometano.

Se ha investigado el efecto del diseño del reactor (configuración de 1 fuente, configuración de 2 fuentes seguidas y configuración de 2 fuentes separadas), naturaleza de los electrodos (aluminio), y corriente eléctrica aplicada (0,5 A, 2 A, 4 A, 6 A, 8 A y 9,5 A).

Se observaron rendimientos satisfactorios para el sulfuro de carbono y se determinó un rendimiento óptimo mediante electrodos de aluminio separados entre sí 2,5 cm., utilizando la configuración de 1 fuente, y aplicando intensidades muy bajas (0,5 amperios). En referencia al tolueno se apreció un ligero rendimiento, mientras que no se observó acción significativa sobre el diclorometano. La configuración de 1 fuente, además de haber presentado los mejores rendimientos para el sulfuro de carbono y el tolueno, requiere un suministro de energía inferior y menores tiempo de retención.

Palabras clave: compuestos volátiles, electrocoagulación, olores, depuradoras.

Introducción

Según El tribunal Europeo de Derechos Humanos y la jurisprudencia contencioso-administrativa han declarado que la contaminación por olores puede llegar a afectar en determinados casos el derecho a la intimidad domiciliaria de las personas. Con esta declaración podemos observar la importancia del tema y de la búsqueda de soluciones a este problema. Antes que nada debe comentarse que la emisión de olores, en las depuradoras de aguas residuales, representa un impacto significativo.

Una mayor concientización de la población sobre sus derechos, y el aumento del número de depuradoras en explotación, asociadas a las presiones urbanas sobre áreas desocupadas, que fuerzan la construcción de residencias y/o complejos de ocio cada vez más próximos de las depuradoras, obligan a las empresas responsables de las depuradoras a considerar este problema, buscando soluciones de forma constante para evitar problemas y conflictos con las comunidades.

Los compuestos químicos orgánicos o inorgánicos responsables de la generación de olores provenientes de depuradoras, normalmente son resultados de las actividades bacterianas en la red de saneamiento o en la propia depuradora, emitidos a través de gases. Algunos compuestos

proceden de actividades industriales, al verterse en la red alcantarillado también pueden generar malos olores.

La utilización de procesos electroquímicos para el tratamiento de aguas residuales está adquiriendo cada día más importancia por su versatilidad, reducido tamaño y capacidad de automatización. La operación presenta atractivos económicos además de que los tiempos de retención en el tratamiento son pequeños, lo que permite la posibilidad de hacerlo en continuo, dado el bajo tiempo de residencia necesario para la eliminación del contaminante. El objetivo de la presente investigación se fija en evaluar la eficiencia de la electrocoagulación en la eliminación de compuestos volátiles olorosos presentes en depuradoras (sulfuro de carbono, diclorometano y tolueno).

Metodología

La investigación se llevó a cabo en una planta piloto de electrocoagulación instalada en la EDAR de Viveros de la Villa (Madrid/España), utilizando como influente el agua residual procedente de la decantación secundaria de dicha depuradora.

La planta piloto consta de dos líneas de proceso, con sus respectivos equipos, conducciones, válvulas e instrumentación necesarios para asegurar un correcto funcionamiento de la planta piloto. Todas las partes en contacto con el líquido están construidas en metacrilato y PVC (figura 1).



Figura 1. Vista frontal de la planta piloto de electrocoagulación

Según Gutiérrez y Droguet (2002) la cromatografía de gases combinada con la espectrometría de masas es una herramienta potente para separar, identificar y cuantificar los componentes causantes de mal olor. De esta manera el sulfuro de carbono, el tolueno y el diclorometano se determinaron mediante el método 8260B de la EPA. De GC/MS (Cromatografía de Gases/Espectrometría de Masas) (USEPA, 1996).

Los parámetros claves a la hora de aplicar un proceso electrolítico son: diseño del reactor, naturaleza de los electrodos, y corriente de trabajo. En el diseño del experimento fue necesario definir los parámetros que regirían cada uno de los ensayos: por un lado la configuración de los electrodos (una fuente de alimentación de corriente eléctrica, dos fuentes seguidas de alimentación de corriente eléctrica y dos fuentes de alimentación de corriente eléctrica separadas por una chapa sin corriente) y, por otro, la intensidad de corriente eléctrica (0,5 A, 2 A, 4 A, 6 A, 8 A y 9,5 A). El esquema de las configuraciones de los electrodos se presenta en la figuras 2, 3 y 4 y en la figura 5 se observa el reactor de electrocoagulación con sus electrodos de aluminio. La investigación se llevó a cabo con electrodos de aluminio.



Figura 2. Configuración de electrodos mediante una fuente

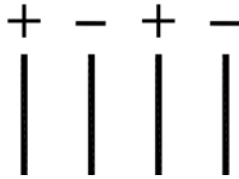


Figura 3. Configuración de electrodos mediante dos fuentes seguidas

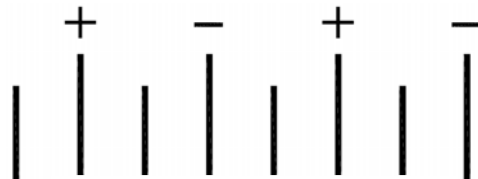


Figura 4. Configuración de electrodos mediante dos fuentes separadas

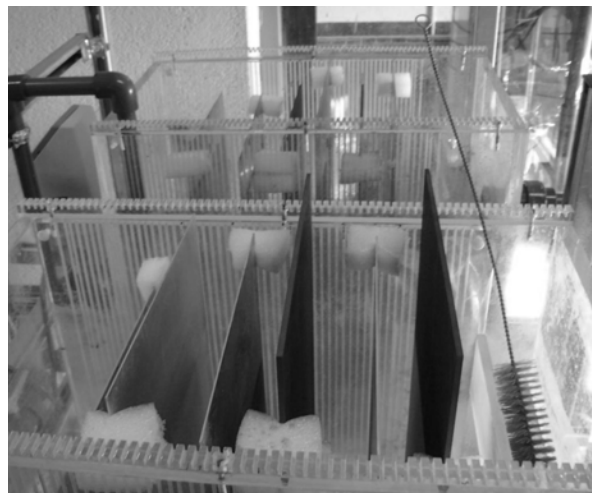


Figura 5. Célula de electrocoagulación con sus respectivas placas de aluminio

Para todos los ensayos de la investigación se han adoptado 2,5 cm de distancia entre el ánodo y el cátodo y un caudal de agua de entrada en el proceso de 95 l/h. Con lo que se tienen 1,81 minutos de tiempo de retención para la configuración de una fuente, 5,64 minutos para la configuración de dos fuentes seguidas y 11,28 minutos para la configuración de dos fuentes separadas. Los ensayos se realizan con la adición artificial de productos. Para determinar las concentraciones a añadir en el agua se tomaron como variables la eficiencia del proceso, el límite de detección de la técnica analítica y el umbral de detección. En la tabla 1 se presenta las referencias de cada uno de los reactivos y sus respectivas concentraciones a adicionar.

Tabla 1. Referencias de los reactivos con sus respectivas concentraciones a adicionar

Descripción	Vs ($\mu\text{l/l}$)
Sulfuro de carbono PA-ACS	8
Tolueno (Reag. Ph. Eur.) PA-ACS-ISO	12
Diclorometano estabilizado con amileno PA-ACS-ISO	8

También se realizaron ensayos sin tratamiento (ensayo 0) para verificar la volatilización y comparar los resultados obtenidos con los demás resultados.

Presentación de resultados

De las 3 configuraciones investigadas solamente la configuración de 1 fuente ha presentado rendimientos por encima de los obtenidos por la volatilización (ensayo con intensidad 0), para todos los parámetros analizados, en los ensayos mediante las demás configuraciones no se apreciaron rendimientos debido al proceso. Los resultados obtenidos mediante la configuración de 1 fuente se presentan en las tablas siguientes.

Los resultados más relevantes, en cuanto a remoción de sulfuro de carbono y tolueno, se da en la configuración de 1 fuente, a intensidad muy baja de 0,5 A, sin embargo se aprecian rendimientos, por encima de los alcanzados solamente por la volatilización, con intensidades de 4 A y 6 A.

De igual manera que en el caso del sulfuro de carbono se observa un rendimiento más apreciable para el tolueno, mediante intensidad muy baja (0,5 A) y mediante intensidades medianas de 4 y 6 amperios, sin embargo los rendimientos del tratamiento para el tolueno se aprecian menores.

Tabla 2. Resultados de las muestras de sulfuro de carbono mediante la configuración de 1 fuente mediante varias intensidades

SULFURO DE CARBONO			
1 fuente			
Intensidad (A)	Entrada (mg/l)	Salida (mg/l)	Rendimiento (%)
0	78	45	42,3
0,5	80	40	50
	38	11	71,05
2	77	69	10,39
4	85	61	28,24
	60	26	56,67
6	64	37	42,2
	61	19	68,85
8	83	67	19,3
9,5	18	15	16,67

Tabla 3. Resultados de las muestras de tolueno mediante la configuración de 1 fuente mediante varias intensidades

TOLUENO			
1 fuente			
Intensidad (A)	Entrada (mg/l)	Salida (mg/l)	Rendimiento (%)
0	6,1	4,1	32,8
0,5	4,6	2,5	45,65
	10	5,7	43,00
2	4,3	4	6,98
4	2,8	2,3	17,86
	4,6	3,6	21,74
6	2,4	0,77	67,92
	14	4,4	68,57
8	1,7	1,6	5,9
9,5	2,7	2,4	11,1

En relación al diclorometano, al comparar los resultados del proceso mediante el suministro de energía eléctrica y los rendimientos alcanzados por la volatilización no se aprecian rendimientos significativos debido a la electrocoagulación.

Tabla 4. Resultados de las muestras de diclorometano mediante la configuración de 1 fuente mediante varias intensidades

DICLOROMETANO			
1 Fuente			
Intensidad (A)	Entrada (mg/l)	Salida (mg/l)	Rendimiento (%)
0	58	43	25,9
0,5	56	33	41,07
	28	21	25,00
2	52	52	0
4	40	31	22,5
	41	34	17,07
6	8,2	7,3	10,98
	41	33	19,51
8	13	13	0
9,5	28	26	7,14

En todos los casos llama la atención que este efecto de reducción no se aprecie de manera uniforme. Esto se debe a la volatilización.

En la figura 6, se muestra la tendencia en los datos de acuerdo con el tipo de configuración utilizada. En él se puede apreciar que la configuración de 2 fuentes separadas, a pesar de presentar un tiempo de retención en el tratamiento dos veces mayor que en la configuración de 2 fuentes seguidas, el consumo de energía no se duplica como se esperaba.

Esto se explica porque en la configuración de dos fuentes separadas se desarrollan reacciones electroquímicas entre los electrodos y las chapas de aluminio, necesitando de un aporte mayor de energía eléctrica. Para todas las configuraciones estudiadas se obtuvieron apreciables correlaciones entre la configuración adoptada y la energía consumida.

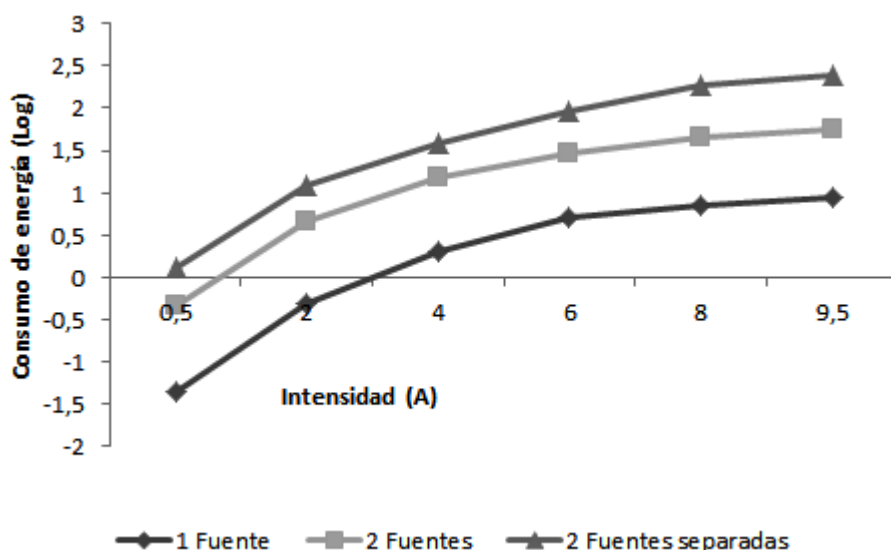


Figura 6. Relación entre la intensidad de corriente eléctrica aplicada y el consumo de energía

Conclusiones

El tratamiento de olores es una tarea que cada vez cobra más importancia en las plantas de depuración de aguas residuales, por lo que la idea fundamental de la presente investigación es observar la eficiencia de la electrocoagulación en la eliminación de compuestos volátiles olorosos producidos por el tratamiento de dichas aguas. Esta técnica podría constituir importantes avances en el campo de la eliminación de olores en el agua, debido a su versatilidad, reducido tamaño y capacidad de automatización.

A pesar del comportamiento variable del sulfuro de carbono, e independientemente de su alto grado de volatilización, se ha llegado a las siguientes conclusiones:

Existe un rendimiento importante en la reducción del parámetro independiente de la volatilización.

Se ha determinado que el rendimiento óptimo se consigue mediante electrodos de aluminio separados entre sí 2,5 cm., utilizando la configuración de 1 fuente, y aplicando intensidades muy bajas (0,5 amperios).

Aunque el tolueno es un compuesto muy volátil, tras realizar la electrooxidación con ánodo y cátodo de aluminio se concluye que:

Existe un ligero rendimiento en el tratamiento para su disminución.

Con la configuración de 1 fuente, de tiempo de retención 1,81 minutos, e intensidades de 0,5 amperios y 6 amperios, se obtienen los mejores rendimientos.

Según los resultados de la investigación, obtenidos en relación al diclorometano, se concluye que:

- Los rendimientos alcanzados para estos compuestos son apreciables debido a la volatilización.
- La reducción del compuesto no se debe al proceso.
- Tras todas las investigaciones realizadas, se concluye que el consumo de energía eléctrica está íntimamente relacionado con la configuración que se adopte en el proceso. Se ha determinado que la configuración de 1 fuente es la solución energética óptima, dado que:
- La configuración de 2 fuentes separadas desarrolla reacciones electroquímicas entre los electrodos y las chapas de aluminio, necesitando así un aporte mayor de energía eléctrica.
- La configuración de 1 fuente, además de haber presentado los mejores rendimientos para el sulfuro de carbono y el tolueno, requieren un suministro de energía inferior y menores tiempos de retención.

Referencias bibliográficas

- Arispe, S., Heor, Y., McConnell, L. y Kim, H. (2007) The Oxidation of Odorants from Wastewater Sludge Using Four Different Oxidants, *Korean Journal of Odor Research and Engineering*, **6**(1), 28-32.
- Ateya, B.G., Al-kharafi, F.M., Abdallah, R.M. y Al-azab, A.S. (2005) Electrochemical removal of hydrogen sulfide from polluted brines using porous flow through electrodes, *Journal of Applied Electrochemistry*, **35**, 297–303.
- Chair, T. M. (2004) Control of Odors and Emissions from Wastewater Treatment Plants, *Water Environment Federation*.
- Chen, G. (2004) Electrochemical technologies in wastewater treatment, *Separation and Purification Technology*, **38**, 11-41.
- Converse, B.M., Schroeder, E.D., Iranpour, R., Cox, H.H.J. y Deshusses, M.A. (2003) Odor and Volatile Organic Compound Removal from Wastewater Treatment Plant Headworks Ventilation Air Using a Biofilter, *Water Environmental Research*, **75**(5).
- Jeon, E., Hyun-Keun Son, H. y Sa, J. (2009) Emission Characteristics and Factors of Selected Odorous Compounds at a Wastewater Treatment Plant, *Sensors*, **9**, 311-326.
- Muruganathan, M., Bhaskar G. R. y Prabhakar, S. (2004) Removal of sulfide, sulfate and sulfite ions by electrocoagulation, *Journal of Hazardous Materials* 37-44.
- Pouet M F y Grasmick A. (1995) Urban wastewater treatment by electrocoagulation and flotation, *Water science and technology*, **31**, 275-283.
- Sattler, M. L. y Rosenberk, R. S. (2006) Removal of Carbonyl Sulfide Using Activated Carbon Adsorption *Journal Air & Waste Manage*, **56**, 219-224.