

EVALUACIÓN A ESCALA LABORATORIO DEL SISTEMA “ELECTROCOAGULACIÓN” COMO PROPUESTA PARA LA REMOCIÓN DE NITRÓGENO TOTAL Y FÓSFORO TOTAL EN EL TRATAMIENTO TERCIARIO DE AGUAS RESIDUALES DE ORIGEN DOMÉSTICO.

Luis Rodolfo Castro García¹
Guatemala

RESUMEN

El artículo sobre el tratamiento terciario de aguas residuales consiste en el diseño, construcción y evaluación a escala laboratorio de la unidad de electrocoagulación, determinando los parámetros de diseño, tales como dimensiones, espesor de las placas, corriente y voltaje óptimos; una vez construida la unidad se tomaron las muestras de agua residual del sedimentador secundario de la planta de tratamiento de la colonia Aurora II, se realizaron ocho repeticiones evaluando para cada una el porcentaje de remoción de los macronutrientes nitrógeno y fósforo. La evaluación se realizó para un tiempo de retención en la unidad de una hora, se alcanzaron remociones de 27% para el nitrógeno y 82.5% para el fósforo. La unidad tiene una capacidad para 20 litros, su tiempo de vida útil se estima en ocho años y el costo por metro cúbico de agua residual tratada es de Q28.23 (\$3.50).

PALABRAS CLAVE

Agua residual, Electrocoagulación, Electricidad, Macronutrientes, Electroquímica, Floculación.

ABSTRACT: The article on tertiary wastewater treatment involves the design, construction and evaluation laboratory scale electrocoagulation unit, determining design parameters, such as dimensions, thickness of the plates, optimum current and voltage, once the unit is built taking samples of wastewater from secondary clarifier treatment plant of the colony Aurora II, eight replications were performed to assess the percentage of each macronutrient removal of nitrogen and phosphorus. The evaluation was done for a retention time of one hour unit, removals were achieved for the 27% nitrogen and 82.5% for phosphorous. The unit has a capacity of 20 liters, its lifetime is estimated at eight years and the cost per cubic meter of treated wastewater is Q28.23 (\$ 3.50).

KEY WORDS: Waste water, Electrocoagulation, Electricity, Macronutrients, Electrochemistry, Flocculation.

INTRODUCCIÓN

Las metodologías de tratamiento convencionales para aguas residuales ampliamente utilizadas en nuestro país no son eficientes en la remoción de macronutrientes (nitrógeno y fósforo), tal es el caso de las aguas residuales de la colonia Aurora II. Por dicha razón se propone en el presente estudio la remoción de macronutrientes por medio de un tratamiento no convencional: electrocuagulación. La aplicación de conceptos de electroquímica luego de una evaluación previa del agua residual dio como resultado el dimensionamiento de la unidad, grosor de las placas, así como, la corriente y voltaje a inducir. Cuatro pares de electrodos de aluminio están conectados a una fuente de poder de 35 voltios asegurando que fluya una corriente de un amperio entre ellos, este dimensionamiento fue producto del diseño experimental. Otro de los productos importantes de la reacción es el oxígeno el cual genera la aireación difusa al cuerpo líquido, oxidando la materia orgánica presente en el agua residual.

La factibilidad económica de esta tecnología se calculó partiendo del costo del equipo propiamente dicho, de la energía eléctrica y de los reactivos químicos para evaluar la remoción; resultando en un costo total de Q5.43 (\$0.68)

por metro cúbico de agua a tratar, siendo accesible para el tratamiento de las aguas residuales, trabajando bajo este mismo principio a escala real.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

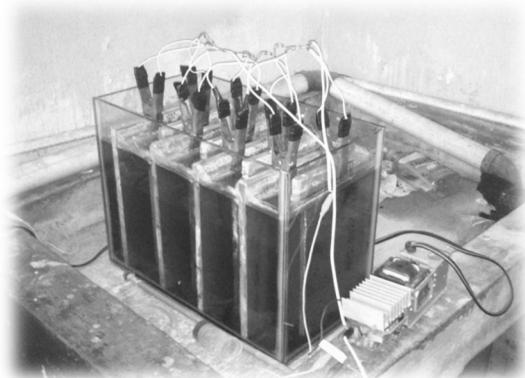
Se ha demostrado que las metodologías de tratamiento convencionales para aguas residuales ampliamente utilizadas en nuestro país no son eficientes en la remoción de macronutrientes (nitrógeno y fósforo), tal es el caso de las aguas residuales que llegan al lago de Atitlán y Amatitlán, resultando en una problemática tanto para el turismo como para la salud y medio ambiente. Por dicha razón se propone la remoción de macronutrientes por medio de un tratamiento no convencional: electrocuagulación, buscando demostrar la factibilidad técnica y económica de dicha operación unitaria.

¹Ingeniero Químico, MSc. en
Ingeniería Sanitaria ERIS - USAC

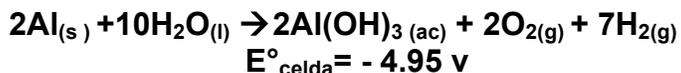
METODOLOGIA

La aplicación de conceptos de electroquímica luego de una evaluación previa del agua residual dio como resultado el dimensionamiento de la unidad, grosor de las placas, así como la corriente y voltaje a inducir. El montaje de la unidad consistió en utilizar placas de aluminio de las dimensiones propuestas como electrodos, separadas a una distancia de 1.25 cm, éstas se ajustan a un recipiente de vidrio con capacidad para 20 litros (volumen que se pretende tratar en una hora). Los cuatro pares de electrodos de aluminio están conectados a una fuente de poder de 35 voltios asegurando que fluya una corriente de un amperio entre ellos, este dimensionamiento fue producto del diseño experimental.

Figura 1: Unidad de electrocoagulación



El fenómeno de coagulación se produce al formarse la especie hidróxido de aluminio ($\text{Al}(\text{OH})_3$) entre cada par de electrodos según la siguiente reacción electroquímica:



Cabe resaltar que además de producirse el agente coagulante, se genera hidrógeno gaseoso que proporciona una agitación conveniente para el gradiente de velocidad, formándose de esta forma flóculos más estables. Otro de los productos importantes de la reacción es el oxígeno el cual genera la aireación difusa al cuerpo líquido, oxidando la materia orgánica presente en el agua residual.

Se procedió a recolectar las muestras de agua residual del sedimentador secundario y se colocaron 20 litros en la unidad experimental el cual tuvo un tiempo de retención de una hora, para luego realizar los análisis de nitrógeno total y fósforo total.

RESULTADOS

Los resultados obtenidos se demuestran en las siguientes tablas:

Tabla. 1: Concentraciones iniciales de afluente (ENTRADA)

	Nitrógeno	Fósforo
Corrida	mg/l	mg/l
1	39	19.6
2	32	19.9
3	40	19.1
4	37	19.4
5	43	20.0
6	29	19.5
7	33	18.7
8	30	19.7
PROMEDIO	35	19.5

Tabla 2: Concentraciones de agua electrocoagulada (SALIDA)

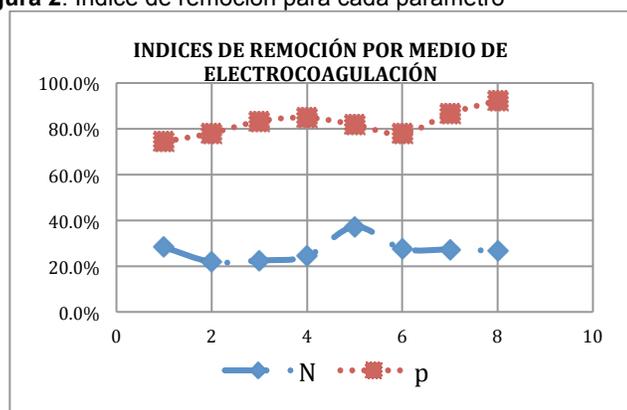
	Nitrógeno	Fósforo
Corrida	mg/l	mg/l
1	28	3.4
2	25	3.6
3	31	3.2
4	28	3.3
5	27	3.7
6	21	3.5
7	24	3.0
8	22	3.6
PROMEDIO	26	3.4

Se demuestra la eficiencia del método en la siguiente tabla.

Tabla 3: Porcentaje de remoción

Corrida	% REMOCION	
	Nitrógeno	Fósforo
1	28.2	82.7
2	21.9	81.9
3	22.5	83.2
4	24.3	83.0
5	37.2	81.5
6	27.6	82.1
7	27.3	84.0
8	26.7	81.7
Promedio	27.0	82.5

Figura 2: Índice de remoción para cada parámetro



Analizando los resultados obtenidos se observa que se tiene una mejora considerable de los parámetros analizados, 27% de remoción de Nitrógeno total, 82.5% de remoción de Fosforo total. Además cumple con los límites máximos permisibles de la normativa actual del país: Acuerdo Gubernativo 236-2006 tercera etapa 2020 (<25 mg/l N y <15mg/l P); demostrando así la factibilidad técnica del presente estudio.

La factibilidad económica de esta tecnología se calcula partiendo del costo del equipo propiamente dicho y el costo de la energía eléctrica:

Tabla 4: Fatibilidad económica

COSTO UNITARIO	Q/m ³	\$/m ³
Costo del equipo	2.28	0.29
Costo de energía eléctrica	3.15	0.39
COSTO TOTAL	5.43	0.68

Resultando un costo accesible para el tratamiento de las aguas residuales, trabajando bajo este mismo principio a escala real.

CONCLUSIONES

Como producto de la electrocoagulación se redujo la concentración de fósforo total en un 82.5% y nitrógeno total en un 27% y los efluentes domésticos a valores menores a los respectivos límites máximos permisibles según la normativa vigente.

El proceso de electrocoagulación tiene su eficiencia óptima en la remoción de fosforo total siendo ésta mayor del 50%, llegando a valores menores del límites máximo permisible del Acuerdo Gubernativo 236-2006.

El costo de operación de la electrocoagulación por metro cubico de agua a tratar es de Q.5.43 (\$0.68).

Subproducto de la electrocoagulación se genera hidrógeno gaseoso que proporciona una agitación conveniente para el gradiente de velocidad, formándose de esta forma flóculos más estables.

BIBLIOGRAFÍA

Cenkin, V. E. And Belevtsev, A. N. Electrochemical of Industrial Wastewater. Efluent and Water Treatment Journal, Julio 1985.

Galvín, Rafael Marín, Rodríguez Mellado, José Miguel "Fisicoquímica De Aguas", Ediciones Diaz de Santos S.A., España, 1999.

Perez, Nestor, "Electrochemistry And Corrosion Science", Kluwer Academic Publishers, Boston, 2004.

Serway, Jewett. Física para las ciencias de la ingeniería. CENGAGE learning. 7ª Edición, Tomo II. Pag 752 "Corriente y Resistencia".

Salut, A. F. Electroflocculation: Removal of Oil, Heavy Metals and Organic Compounds from Oil-on-water Emulsions. Filtration and Separation, Vol. 33, No 295, Mayo 1996.

Castro García, Luis Rodolfo, Clara Recinos, Edgar Fernando "Evaluación a escala laboratorio del sistema electrocoagulación como propuesta para el tratamiento terciario de aguas residuales de origen doméstico". Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos, USAC. Guatemala, noviembre 2012.