

Electrocoagulación para la desalinización del agua de mar

Electrocoagulation for the desalination of sea water

Forero Buitrago Gozalo Alberto.

Resumen



La presente investigación, tiene como objetivo evaluar los parámetros fisicoquímicos de una muestra de agua de mar antes y después de tratamiento con electrocoagulación, con el fin de determinar los cambios en los parámetros fisicoquímicos, los cuales fueron: PH de 8.06 a 9.23, Conductividad de $3.26 \mu\text{ s/cm}$ a $789.3 \mu\text{ s/cm}$, Turbidez de 4.84 NTU a 38.3 NTU , Oxígeno disuelto de 65.0mg/L a 3.39mg/L .

Posterior al proceso de tratamiento, se seca la muestra de agua de mar para pesar en una balanza analítica la cantidad de sal separada de la muestra, donde salen 80 gramos.

Palabras clave: Electrocoagulación, Tratamiento, agua de mar, desalinización.

Abstract



The present investigation, aims to evaluate the physicochemical parameters of a seawater sample before and after treatment with electrocoagulation, in order to determine physicochemical parameter change, on this research changes were:

PH from 8.06 to 9.23, Conductivity from $3.26 \mu\text{ s/cm}$ to $789.3 \mu\text{ s/cm}$, Turbidity from 4.84 NTU to 38.3 NTU , Dissolved oxygen from 65.0mg/L to 3.39mg/L .

After the treatment process, the seawater sample is dried and the amount of salt separated from the sample is weighed on an analytical balance, where it comes out 80 salt grams.

Key words: Electrocoagulation, Treatment, sea water, desalination.

Recibido / Received: 02 de Junio de 2018 Aprobado / Aproved: 12 de Junio de 2018

Tipo de artículo / Type of paper: Investigación Científica y Tecnológica terminada.

Afiliación Institucional de los autores / Institutional Affiliation of authors: Escuela Colombiana de Ingeniería
Centro de Estudios Hidráulicos - CEH

Autor para comunicaciones / Author communications: gonzalo.forero@mail.escuelaing.edu.co

El autor declara que no tiene conflicto de interés.

Introducción

La Electrocoagulación es un método de tratamiento de agua estudiado desde hace mucho tiempo atrás, donde se induce una corriente eléctrica en el agua, mediante un cátodo y un ánodo. Este proceso, lo que hace es disociar la emulsión presente en sus elementos básicos, positivos y negativos separándolos del agua. Al separarse, la muestra queda con sus componentes esenciales separados del agua, donde se empiezan a decantar los más pesados y a flotar los más livianos, siendo muy eficiente, rápido y de bajo costo su implementación para contaminantes industriales o como en este caso, para la separación de sales en el agua.

Actualmente la desalinización del agua se presenta como una alternativa para tratar el agua de mar de manera económica al separar las sales disueltas en medio acuoso, la electrolisis permite separar cargas internas en positivas y negativas, generando una desestabilización de la emulsión presente, actuando como un proceso altamente eficiente en la separación de sólidos del agua entre otros.

Los procesos ya establecidos para tal fin tienen un elevado costo energético, como son los sistemas de destilación de efectos múltiples (MED) donde la evaporación es el factor principal de la desalinización del agua; también procesos como los de osmosis inversa o electrodiálisis.

La electrocoagulación utiliza los principios de coagulación convencional, solo que utilizando corriente eléctrica, con la ventaja que los costos de operación son menores en comparación con los sistemas tradicionales, a pesar de que la electrocoagulación necesita corriente eléctrica la cantidad de energía consumida es mínima y los peligros no existen ya que se utilizan 12 voltios.

Procedimientos de laboratorio y ensayos

Realizar el modelo a escala

La electrocoagulación es un proceso que utiliza electrolisis para separar contaminantes del agua, ya sean

suspendidos, emulsionados o disueltos. El método aplicado consiste en inducir corriente eléctrica al agua de mar por medio de un convertidor de corriente que transmitirá la energía por medio de una malla metálica y una lámina de cobre que estarán sumergidas dentro de la muestra para que la corriente pueda actuar sobre el agua a manera de cátodo y ánodo, Ver figura 1.

La malla y la lámina irán montadas sobre un recipiente aislante de plástico que permite por su forma una mayor área de contacto lamina-agua. El recipiente plástico fue montado sobre una base hecha en tubo de PVC que le permite estar estable además de aislada.

Figura 1. Montaje del prototipo de electrocoagulación



Fuente. Gonzalo Forero

Puesta en marcha del sistema que induce corriente eléctrica

El sistema debe hacerse de manera que exista un cátodo y un ánodo, donde el polo positivo que va a lámina de cobre y el polo negativo al aluminio, es importante que durante el proceso los polos opuestos no se toquen para evitar cortocircuito.

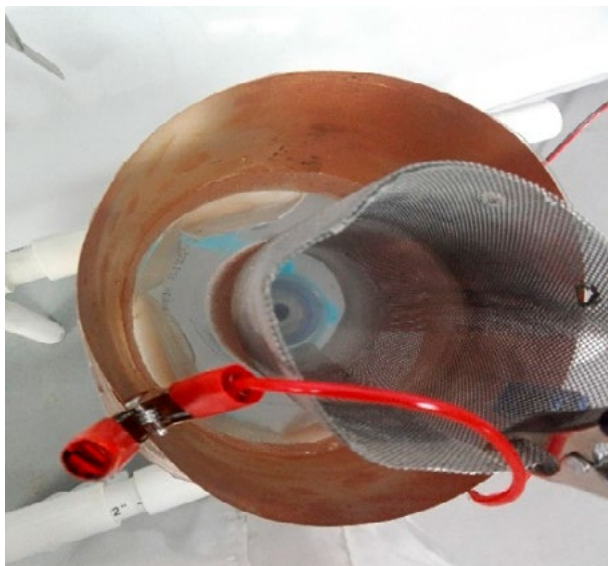
El voltaje suministrado por el convertidor de energía para el proceso varía de 1.5V a 12V, depende de los resultados experimentales.

Figura 2. Inductor de electricidad en el agua



Fuente. Gonzalo Forero

Figura 3. Vista en planta del prototipo de electrocoagulación



Fuente. Gonzalo Forero

Medición de parámetros fisicoquímicos antes y después del tratamiento por electrocoagulación

Una vez montado el sistema se agita la muestra y se toma una muestra significativa con el fin de verificar los parámetros fisicoquímicos de la muestra antes del tratamiento y verificar los parámetros después del tratamiento.

Figura 4. Muestra de agua de mar



Tabla 1. Parámetros iniciales de la muestra

	1	2	3	Promedio
pH	7.93	8.11	8.15	8.06
Conductividad	2.90 μ s/cm	3.27 μ s/cm	3.62 μ s/cm	3.26 μ s/cm
Turbidez	4.92ntu	5.11ntu	4.49ntu	4.84ntu
Oxígeno disuelto	64.4mg/L	64.2mg/L	66.5mg/L	65.0mg/L

La medición se realizó con un multiparámetro Hatch HQ40D que permite la medición de los 3 parámetros PH, Conductividad y Oxígeno disuelto.

Para la medición de la turbidez, se utilizó un turbidímetro HACH 2100Q que arroja el dato de turbidez con una alta precisión.

Tratamiento de la muestra por electrocoagulación

La muestra se somete a tratamiento de electrocoagulación durante 60 minutos, tiempo suficiente para empezar a notar como se separa la sal del agua y va quedando en la superficie de la muestra y en el fondo del recipiente (figura3).

Figura 5. Separación de la sal del agua durante el proceso

Una vez terminado el tiempo de electrocoagulación se deja sedimentar las sales aproximadamente durante 15 min, en este lapso la sal que se separa del agua un gran porcentaje decanta y otro queda en la superficie, esto lleva a separar la muestra en tres recipientes de vidrio para observar el comportamiento de las partículas, se separaron de manera ordenada en la muestra con la parte del fondo, la muestra con la parte intermedia y la muestra con la parte superficial)Ver figura 6.

Figura 6. Estratificación de la sal después del tratamiento

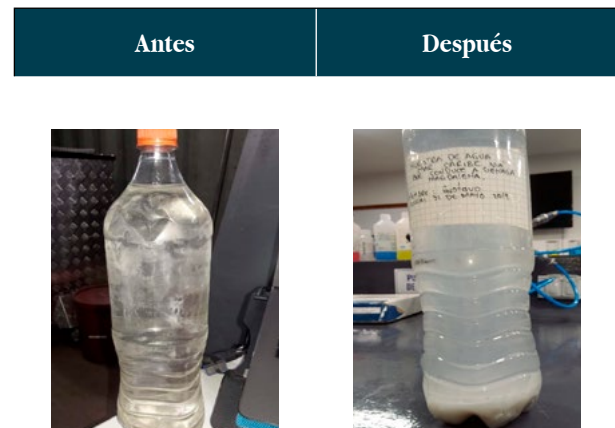
Fuente. Gonzalo Forero

Como podemos observar, la sal se decanta en el recipiente de la izquierda, que es el del fondo del recipiente, la sal se sigue precipitando rápidamente aun horas después del proceso, lo cual indica que sigue actuando aun después de quitarle la fuente de energía.

Medición de parámetros fisicoquímicos después del tratamiento

Una vez terminado el proceso de tratamiento, se tomaron los mismos parámetros de pH, conductividad, turbidez y oxígeno disuelto para observar y analizar diferencias.

	1	2	3	Promedio
Conductividad	611 μ s/cm	929 μ s/cm	828 μ s/cm	789,3 μ s/cm
Turbidez	37,4 NTU	40,1 NTU	37,42 NTU	38,3 NTU
Oxígeno disuelto	2,14mg/l	2,48mg/L	2,55mg/L	3,39mg/L
pH	9,13	9,21	9,35	9,23

Figura 5. Muestra de agua antes y después del tratamiento

Fuente. Gonzalo Forero

Sedimentación acelerada de la sal en un horno a 100 grados centígrados

Con la finalidad de acelerar el proceso de sedimentación, y pesar la cantidad de sal separada, la muestra después del tratamiento por electrocoagulación se sometió a una temperatura de 100 grados centígrados, donde la sedimentación clarificó el agua totalmente, dejándola libre de sales como se puede ver en las figuras 6 y 7.

Figura 6. Sedimentación de la sal acelerada por el incremento en la temperatura



Fuente. Gonzalo Forero

Figura 8. Muestra de agua de mar antes y después de la sedimentación acelerada en el horno



Analisis de resultados

Los cambios en las variables fueron los siguientes:

PH de 8.06 a 9.23, Se dio un cambio en el PH debido a la reducción del aluminio, presente en la emulsión que ocasiono este cambio de PH, pudimos ver durante el tratamiento y con posteriores ensayos que después de la decantación acelerada en el horno este valor vuelve a estabilizarse.

Conductividad de $3.26 \mu \text{ s/cm}$ a $789.3 \mu \text{ s/cm}$, la conductividad aumento ya que se midió justo después del proceso de electrocoagulación, quedando aun iones metálicos en la emulsión que causan el aumento de conductividad, con ensayos posteriores pudimos observar que después de la sedimentación acelerada en el horno este se estabiliza.

Turbidez de 4.84 NTU a 38.3 NTU, la turbidez aumenta, ya que como podemos ver, justo después de la electrocoagulación, la turbidez del agua aumenta como se puede ver en la figura 5, pero al observar la figura 8, podemos evidenciar claramente como este valor cambia después del proceso de sedimentación acelerada en el horno.

Oxígeno disuelto de 65.0mg/L a 3.39mg/L, el oxígeno disuelto disminuye al hacersele adición de metales por medio de la electrolisis, justo después del proceso de electrocoagulación, valor que se estabiliza después de la sedimentación acelerada debido a que allí mismo los metales se sedimentan aceleradamente de la misma manera dejando el agua con una calidad superior. Se seco la muestra y se pesaron 80 gramos de sal solida, lo cual nos permite ver de que manera se puede separar efectivamente la sal del agua de mar.

Conclusiones

Es totalmente viable realizar un equipo de tratamiento de desalinización de agua de mar, que permita tener la fase de desalinización acelerada utilizando el calor del sol de las regiones costeras, haciendo un equipo donde se incluyan todas las fases dentro del equipo a costos bajos.

Hay que llevar a cabo pruebas a profundidad de los metales que puedan quedar en el agua, para llevarlo a potabilización de agua de mar, por su versatilidad y bajo costo.

Con paneles solares se puede hacer que fluyan los 12 voltios necesarios para el proceso en sitios donde no hay electricidad, haciendo asi viable, la posibilidad de llevar agua a las regiones que carecen del recurso y que se encuentren cerca del mar.

Referencias

- [1] Aguilar, E. (2015). Evaluación de la eficiencia de una celda de electrocoagulación a escala laboratorio para el tratamiento de agua. *Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica*, 18(35).
- [2] Aguilar Ascón, E. (2017). Aplicación del proceso de electrocoagulación en la desinfección del agua resi-

- dual doméstica [resumen]. Universidad de Lima, Instituto de Investigación Científica.
- [3] Arboleda Valencia J. (2000). Teoría y Práctica de la purificación del agua. McGraw-Hill, Tercera edición, Sao Paulo, Brasil.
- [4] Baca Neglia, M. F. (2015). El uso del tratamiento físico-químico para la depuración del efluente generado en una industria de pinturas y de barnices previos a su disposición final, ubicada en el distrito de Carabaylo-Lima.
- [5] Barrios-Ziolo, L. F., Gaviria-Restrepo, L. F., & Agudelo, E. A. (2015). Tecnologías para la remoción de colorantes y pigmentos presentes en aguas residuales. Una revisión. *Dyna*, 82(191), 118-126.
- [6] Castrillón, A. A., & Agudelo, M. C. B. (2007). Estudio de la factibilidad de un sistema de electrocoagulación para tratamiento de aguas procedentes de lavanderías industriales con fines de reusó. Ingeniería Química, trabajo de grado, Universidad Pontificia Bolivariana Medellín.
- [7] Dimoglo, A., Sevim-Elibol, P., Dinç, Ö., Gökmen, K., & Erdoan, H. (2019). Electrocoagulation/electroflotation as a combined process for the laundry wastewater purification and reuse. *Journal of Water Process Engineering*, 31, 100877.
- [8] Hernández Flórez, J. S., & Mejía Roa, S. (2019). *Evaluación del sistema de electrocoagulación para disminuir la carga contaminante a escala de laboratorio* (Bachelor's thesis, Fundación Universidad de América).
- [9] Jiménez Bautista, K. C. (2018). Reducción de DQO por tratamientos físico-químicos de coagulación-floculación y electrocoagulación en aguas residuales (Bachelor's thesis, Quito: Universidad de las Américas, 2018).
- [10] Llamas, M., & José, M. (2018). Tecnologías electroquímicas aplicadas en el tratamiento de aguas: Electrocoagulación.
- [11] Ruiz, A. A., & Giraldo, L. F. G. (2007). Diseño de una celda de electrocoagulación. *Revista Universidad EAFIT*, 43(147), 56-67.
- [12] Ruiz, Á. A. (2005). La electrocoagulación: una alternativa para el tratamiento de aguas residuales. *Revista Lasallista de investigación*, 2(1), 49-56.
- [13] Vega, L. E. C., Henao, D. D., Valencia, M. A. G., Calderón, H. G. G., Criollo, M. C. G., & Bermeo, M. C. S. Evaluación de la Electrocoagulación como Alternativa para el Tratamiento de Aguas residuales en Empresas de Decolorado Textil.
- [14] Zazouli, M. A., & Taghavi, M. (2012). Phenol removal from aqueous solutions by electrocoagulation technology using iron electrodes: Effect of some variables. *Journal of water Resource and Protection*, 4(11), 980.

El Autor



Gonzalo Alberto Forero Buitrago

Ingeniero Ambiental de la Universidad El Bosque, Máster en Gestión ambiental y de calidad para empresas, Maestría en Ingeniería Civil con énfasis en recursos Hidráulicos en curso, Experiencia laboral con el Ingeniero Jorge Granados en cálculo de pérdidas, dimensionamiento de tubería y sistemas de bombeo para edificaciones, instituciones y municipios. Monitoria graduada en sistemas a presión e hidro sistemas en la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. Experiencia en Hidrología e hidráulica computacional con Python, HecGeoHms, Flow Master, Pipe Flow Expert, QGIS, Arc GIS, Hec Ras.

Experiencia en procesos de tratamiento de agua para procesos industriales a la medida, mediante procesos no convencionales de electrocoagulación y coalescencia.