



I CONGRESO CHILENO DE INGENIERÍA AMBIENTAL EN SISTEMAS ACUÁTICOS, CChIASA

TRATAMIENTO DE DRENAJE ÁCIDO DE MINAS EMPLEANDO OSMOSIS DIRECTA

CATALINA VARGAS FIGUEROA¹

LUIS PINO SOTO¹

ALEX SCHWARZ KUSCH²

RODRIGO BORQUEZ YAÑEZ^{1*}

RESUMEN EXTENDIDO

El drenaje ácido de mina (DAM) es una solución con un alto contenido de minerales disueltos que se produce en forma natural por la exposición de rocas sulfuradas al contacto con agua, oxígeno y/o bacterias. La actividad minera induce la generación del drenaje, provocando serios daños ambientales como la acidificación de suelos y la contaminación de napas subterráneas (Simate y Ndlovu, 2014). La utilización de procesos de separación con membranas permite el tratamiento efectivo de la solución, recuperando agua de alta calidad además de generar una solución con un alto contenido de metales que permite la reutilización en su extracción a un bajo costo energético (Al-Zoubi et al., 2010).

Osmosis directa (OD) utiliza los gradientes de potencial químico como fuerza impulsora del proceso, a diferencia de procesos tradicionales de membranas impulsadas por presión (Ge et al., 2013). La ventaja de su separación, es la capacidad de remover el 99,9% de solutos, con un bajo costo energético y menor tendencia al ensuciamiento, siendo una alternativa atractiva a investigar (Achilli et al., 2010). Por lo que el objetivo de este trabajo es evaluar la osmosis directa en el tratamiento de DAM, identificando las condiciones óptimas para aumentar el contenido de sales y metales pesados, minimizando el consumo de energía.

El DAM utilizado fue recuperado directamente de un sector minero al norte de Chile y las soluciones de NaCl (10, 20 y 30 % p/v) y CaCl₂ (10, 20, 30, 40 y 50% p/v) fueron preparadas para luego pretratarlas con una membrana de microfiltración.

La OD fue realizada con una membrana de fibra hueca de 0,92 m² de área efectiva (Liqui-Cel, modelo 1.7 x 8.75 MiniModule). Una muestra de 300 mL de DAM y 2 L de solución extractora se utilizaron por experimento y la densidad de flujo de permeado se midió directamente de la variación del volumen en la probeta del DAM. La temperatura se mantuvo constante a 25 ± 1°C durante todos los experimentos. En la Figura 1.1 se muestra un diagrama de flujo de este experimento.

¹Departamento de Ingeniería Química, Universidad de Concepción, P.O Box 160-C, Concepción, Chile.
/*rborquez@udec.cl

²Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Concepción, P.O Box 160-C, Concepción, Chile.

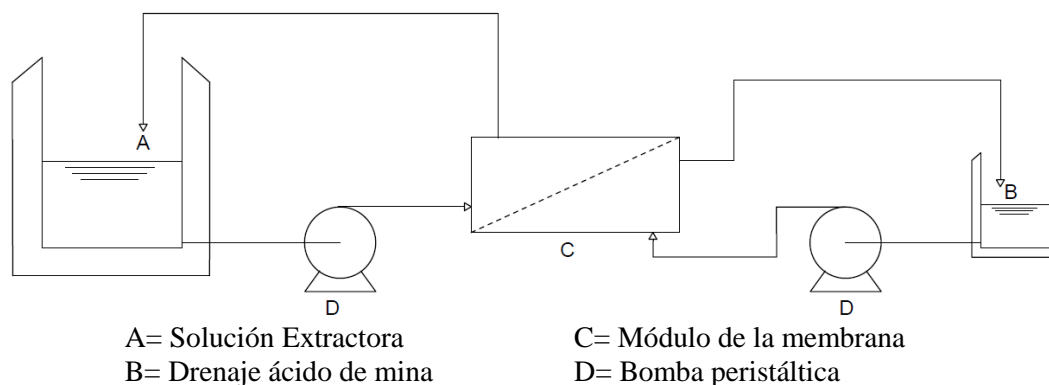


Figura 1.2 Diagrama de flujo para el proceso de osmosis directa.

Se utilizaron 3 concentraciones para la solución extractora de NaCl, 5 para CaCl₂ y el agua de mar concentrada obtenida de un proceso de nanofiltración anterior (aprox 5% p/v de NaCl). Para las 9 soluciones extractoras, se utilizaron 3 caudales de alimentación (900, 1400 y 1900 mL/min).

Las densidades de flujo que se lograron con la OD van desde 0,03 a 0,42 L m⁻² h⁻¹ (Figura 1.2). El mayor valor es para 50% p/v de CaCl₂, donde se concentró el DAM de 673.10 a 1504.37 ppm de cobre en 20 min.

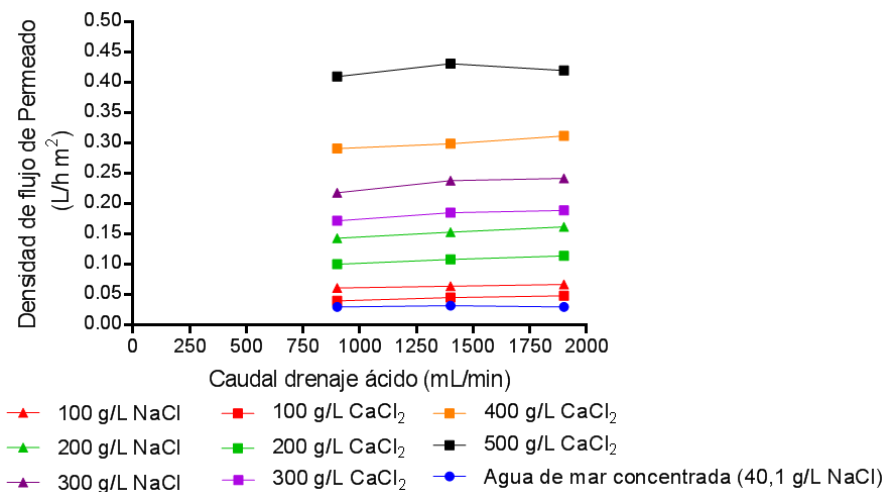


Figura 1.2 Comparación de distintas soluciones extractoras en el tratamiento de DAM por OD a 25°C.

Los bajos valores obtenidos para el agua de mar concentrada se deben a su baja concentración en comparación a las otras soluciones preparadas, por lo que su uso a nivel industrial estaría limitado a concentrar más esta agua de mar antes de ser utilizada.

La Figura 1.3 muestra que la solución de NaCl presenta una relación lineal entre su concentración y la densidad de flujo de permeado resultante. Por otro lado, para la solución



de CaCl_2 se observa una relación logarítmica, por lo que se recomendaría utilizar mayores concentraciones de esta última.

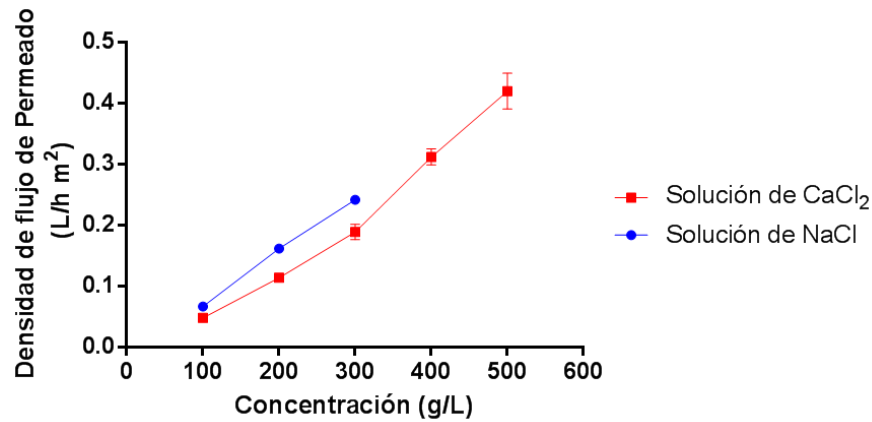


Figura 1.3 Efecto de la concentración de soluciones extractoras en la densidad de flujo de permeado con un caudal de alimentación 1,9 L/min y 25°C.

Finalmente, considerando los resultados obtenidos sin gastos energéticos, es recomendable la aplicabilidad de OD en sistemas combinados con otros procesos de separación con membrana para potenciarlos a un menor costo.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo agradecen al Centro de Recursos Hídricos para la Agricultura y la Minería (CRHIAM) por su apoyo y financiamiento en este trabajo, específicamente a través del proyecto Conicyt/FONDAP 15130015.

Referencias

- Achilli, A., Cath, T. and Childress, A. (2010), Selection of inorganic-based draw solutions for forward osmosis applications. *Journal of Membrane Science*, 233–241.
- ecosystems. San Diego: Academic Press.
- Al-Zoubi, H., Rieger, A., Steinberger, P., Pelz, W., Haseneder, R., & Härtel, G. (2010). Optimization Study for Treatment of Acid Mine Drainage Using Membrane Technology. *Separation Science and Technology*, 2004-2016.
- Ge, Q., Ling, M., & Chung, T. (2013). Draw solutions for forward osmosis processes: Developments, challenges, and prospects for the future. *Journal of Membrane Science*, 225-237.
- Simate, G., & Ndlovu, S. (2014). Acid Mine Drainage: Challenges and Opportunities. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 1785-1803.