

## DESARROLLO DE UN SISTEMA DE ELECTRODIÁLISIS INVERSA Y SU CARACTERIZACIÓN PARA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD

Jesús Nahum Hernández Pérez y Rosa de Guadalupe González Huerta

Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas, Instituto Politécnico Nacional, México,  
nahum.hdz3200@gmail.com, rgonzalez@ipn.mx

### Introducción

La energía por gradiente salino (EGS) es proporcional a la diferencia de potencial químico entre dos soluciones salinas con diferente concentración durante su proceso de mezcla como ocurre de forma natural en las desembocaduras de ríos en mares y océanos (Ortiz-lmedio et al., 2019).

La electrodiálisis inversa (RED) es una tecnología que permite transformar parte de la EGS en electricidad, a través de membranas de intercambio iónico y reacciones redox (Ortiz-lmedio et al., 2019, Scialdone et al., 2012).

La Figura 1 muestra un esquema del funcionamiento básico de una pila o stack de electrodiálisis inversa compuesto por una sola celda. Las membranas de intercambio de cationes (CEM) y de aniones (AEM) permiten el transporte selectivo de iones debido a la diferencia de concentración en las soluciones de alta concentración (HC) y baja concentración (LC), formando una fuerza electromotriz proporcional al gradiente salino (Ortiz-lmedio et al., 2019, Scialdone et al., 2012).

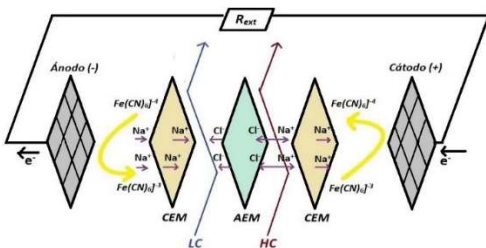
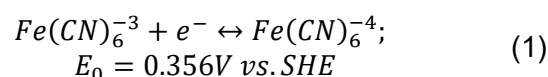


Figura 1. Representación esquemática de la unidad de electrodiálisis inversa (tomada de Hernández-Pérez, 2021).

De entre los diferentes sistemas de electrodos reportados, los sistemas con pares redox reversibles en solución (PRRS)  $Fe^{+2}/Fe^{+3}$  ó  $[Fe(CN)_6]^{-4}/[Fe(CN)_6]^{-3}$  se han destacado por convertir la fuerza electromotriz generada en corriente eléctrica con una baja pérdida de energía asociada al proceso

(Scialdone et al., 2012). El complejo  $Fe^{+3}$  es reducido a  $Fe^{+2}$  en el cátodo y el complejo  $Fe^{+2}$  es oxidado en el ánodo de acuerdo con la siguiente ecuación:



A esto se le conoce como reacción de transferencia de carga homogénea, debido a que todos los reactantes se encuentran en la misma fase.

En este trabajo se muestra el diseño y desarrollo de los componentes de una unidad RED, así como la caracterización de sus parámetros eléctricos a condiciones de operación controladas, con el propósito de evaluar su desempeño como sistema generador de energía.

### Experimentación

La Figura 2 muestra el diseño de los platos terminales, así como la distribución de las soluciones de trabajo en el sistema. La pila de membranas se encuentra entre los platos terminales; el diseño de cada componente permite la correcta distribución de las soluciones de trabajo. Se seleccionó Ti como ánodo y cátodo debido a su estabilidad dimensional frente al PRRS seleccionado.

En la Figura 3 se muestra el diagrama de proceso del sistema RED utilizado. Todas las soluciones se alimentaron a través de una bomba peristáltica Masterflex L/S por medio de un doble cabezal acoplado al rotor. La caracterización se realizó por medio de un conjunto de resistencias eléctricas de valor fijo y un multímetro digital (Stern), registrando el voltaje y corriente de salida en la unidad RED a diferentes valores de carga eléctrica.

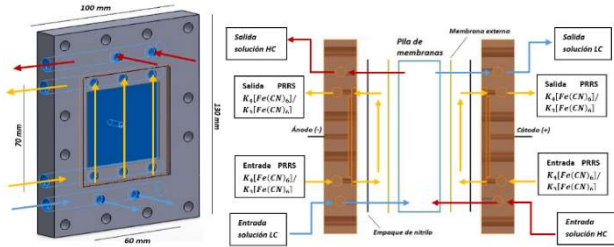


Figura 2. Diseño de la unidad de electrodiálisis inversa (tomada de Hernandez-Perez, 2021).

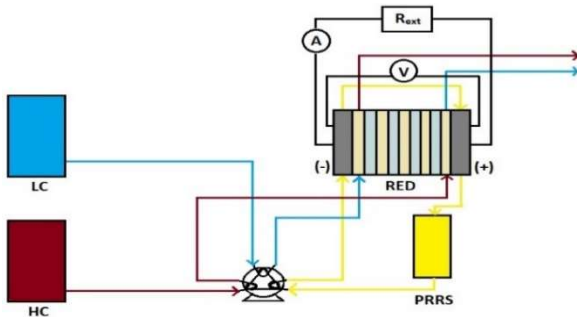


Figura 3. Diagrama de proceso del sistema de electrodiálisis inversa (tomada de Hernandez-Perez, 2021).

Como soluciones HC y LC se utilizaron soluciones NaCl (Fermont, composición >99.5 %) 0.66M y 0.0036 M respectivamente, a una temperatura de 298 K y una velocidad lineal de flujo de  $1 \text{ cm s}^{-1}$ . La unidad RED trabajó con cinco celdas, utilizando espaciadores de silicón de  $380 \mu\text{m}$  y membranas MI-100 y MI-200 (SnowPure, EUA) como CEM y AEM respectivamente. El PRRS se compuso de una solución 0.05 M de  $K_4[Fe(CN)_6]$ , 0.05 M de  $K_3[Fe(CN)_6]$  (Aldrich, pureza >99 %) y 0.25 M de NaCl como electrolito soporte, utilizando agua desionizada.

## Resultados y Conclusiones

En la Figura 4 se muestra la relación V vs. I obtenida experimentalmente en el prototipo desarrollado. La pendiente de la sección lineal de la curva es proporcional a la resistencia interna del sistema y puede dar una estimación aproximada de su valor por medio de regresión lineal. La Figura 5 muestra la curva  $P_g$  vs. I en la cual se muestra la máxima potencia global que logró generar el dispositivo. Los resultados obtenidos demuestran una alta resistencia interna del prototipo RED desarrollado. Esta se asocia a una baja electroactividad del Ti durante el proceso redox y la formación de

reacciones secundarias derivadas del proceso de degradación que sufre el PRRS (Scialdone et al., 2012) las cuales producen una capa pasivadora en la superficie de los electrodos, particularmente el ánodo, disminuyendo su conductividad.

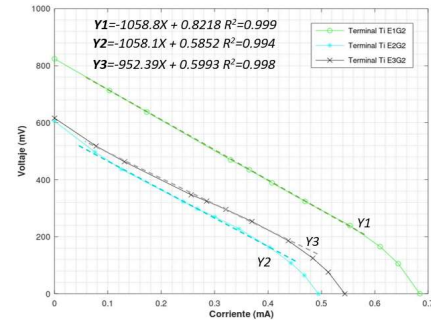


Figura 4. Voltaje (mV) vs. Corriente (mA) usando el ensamble malla de Ti - alambre Ti en los electrodos (tomada de Hernandez-Perez, 2021).

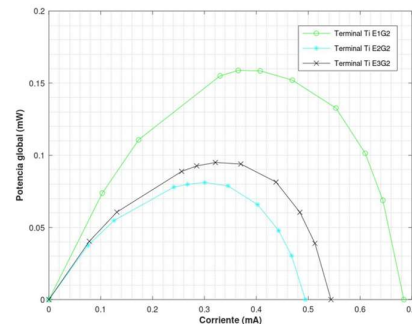


Figura 5. Potencia global (mW) vs. Corriente (mA) usando el ensamble malla de Ti - alambre Ti en los electrodos (tomada de Hernandez-Perez, 2021).

## Referencias

- Ortiz-Imedio, R., Gomez-Coma, L., Fallanza, M., Ortiz, A., Ibañez, R., Ortiz, I., (2019). Comparative performance of Salinity Gradient Power-Reverse Electrolysis under different operating conditions. *Desalination*, 457: 8 – 21.
- Scialdone, O., Guarisco, C., Grispo, S., D'Angelo, A., Galia, A., (2012). Investigation of electrode material - redox couple systems for reverse electrolysis processes. Part I: Iron redox couples. *Journal of Electroanalytical Chemistry*, 681: 66 – 75.
- Hernandez-Perez, J. N. Diseño y caracterización de un sistema de electrodiálisis inversa para generación de electricidad a partir de gradiente salino. *Tesis de Maestría*, IPN, 2021.



1er Congreso Internacional  
**CEMIE-Océano**



