

# DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA CELDA ELECTROQUÍMICA PARA MEDICIÓN DE CONDUCTIVIDAD ELECTROLÍTICA EN INTERVALO MENOR A 1 $\mu\text{S}/\text{cm}$

Álvarez-Monjaraz, O. G.<sup>1</sup>, Villarreal-Castellon J.<sup>1,2</sup>, Mercader-Trejo F.E.<sup>1</sup>, López-Granada M.G.<sup>1</sup>, Larios-Durán E.R.<sup>3</sup>, Antaño-López R.<sup>4</sup>, Rodríguez-López A.<sup>1\*</sup>.

<sup>1</sup>Universidad Politécnica de Santa Rosa Jáuregui (UPSRJ), km 31+150, carretera federal 57 tramo Qro-SLP, Parque Industrial Querétaro, Santa Rosa Jáuregui, C.P.76220 Querétaro, México.

<sup>2</sup>Instituto Tecnológico de Tepic, Av Tecnológico # 2595, Col. Lagos del Country, C.P. 63175, Tepic, Nayarit, México.

<sup>3</sup>Universidad de Guadalajara, Departamento de Ingeniería Química, Blvd. Marcelino García Barragán #1451, C.P. 44430, Guadalajara Jalisco, México.

<sup>4</sup>Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica, S.C. Parque Tecnológico Querétaro s/n, Sanfandila, Pedro Escobedo, Querétaro, México.

[ossiel\\_a@hotmail.com](mailto:ossiel_a@hotmail.com)  
[arodriguez@upsrj.edu.mx](mailto:arodriguez@upsrj.edu.mx)

**Resumen:** La conductividad electrolítica es la capacidad de una solución para transportar corriente eléctrica, las soluciones al igual que los conductores metálicos obedecen a la Ley de Ohm y la conductividad es el inverso de la resistencia, la cual también depende de una constante de celda  $K$  que está dado por la distancia entre los electrodos y el área transversal. Se presenta un trabajo de diseño y construcción de una celda electroquímica para medir resistencia en líquidos, cuya conductividad electrolítica es menor a 1  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Los resultados son prometedores al medir biodiesel, dado que existe repetibilidad y reproducibilidad en aproximadamente 30  $\text{k}\Omega$ , sin embargo, se continúa con el "lack" de trazabilidad metrológica.

## 1. INTRODUCCIÓN

La conductividad electrolítica (CE) es una expresión numérica de la capacidad de una disolución para transportar corriente eléctrica. Esta capacidad depende de la presencia de iones, de su concentración total, valencia y concentraciones relativas, así como de la temperatura [1, 2]. El valor de CE es un parámetro regulado por límites máximos permisibles en descargas de aguas residuales al alcantarillado o a cuerpos receptores, también es un parámetro de calidad del agua para consumo humano o usos y actividades agrícolas e industriales [3].

Esta propiedad es importante y es una de las mediciones más frecuentes pues da una idea del grado de mineralización del agua natural, cantidad de iones en disoluciones acuosas (por ejemplo baños electrolíticos) y no acuosos (por ejemplo petróleo).

A nivel internacional, la medición de CE es comparable en el intervalo de 50  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a 12 800  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , sin embargo, existe una gran cantidad de mediciones que se realizan cotidianamente en

intervalos superiores o inferiores. Sobre escalas inferiores, se pueden citar por ejemplo, mediciones de agua de alta pureza o de biocombustibles. Resulta interesante desde el punto de vista científico, y atractivo desde el punto de vista industrial, investigar sobre esta medida en intervalos inferiores a 1  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Dado que la CE es una razón de constante de celda y resistencia de la disolución, este trabajo se enfoca a medición de resistencia de la disolución mediante impedancia [1-3].

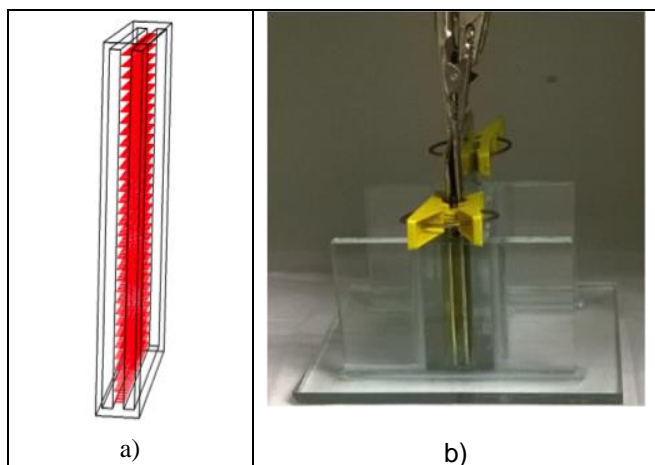
## 2. CONDICIONES EXPERIMENTALES

Se diseñó una celda haciendo uso de software Solid Works®. Se simuló la distribución de corriente primaria mediante el software Comsol Multiphysics®. La celda se construyó de vidrio y los electrodos de acero inoxidable AISI 304. Las mediciones de espectroscopia de impedancia electroquímica (EIS) se realizaron empleando un potencióstato-galvanostato marca Gamry, modelo Reference 3000. Los cálculos para obtener el valor de resistencia de la disolución, se realizaron con el software Z-view, empleando un circuito equivalente R-RC.

### 3. RESULTADOS

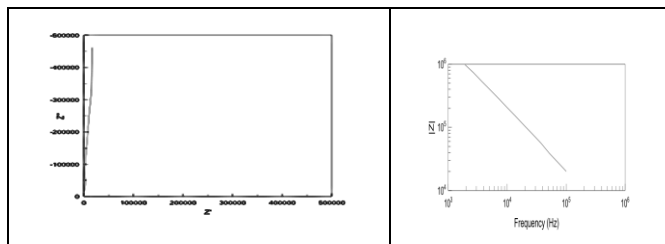
Considerando el intervalo de conductividad electrolítica de las disoluciones de interés, se realizaron cálculos para construir una celda que permita realizar esas mediciones, a saber, de constante de celda nominal de  $0.005 \text{ cm}^{-1}$ .

En la figura 1 se muestran los resultados de la simulación digital de distribución de corriente primaria.



**Fig. 1.** a) Simulación de la distribución de corriente primaria en la celda diseñada con el software Comsol Multiphysics®. b) foto de la celda construida.

Se ha medido la impedancia electroquímica de biodiesel de higuierilla, en la figura 2 se muestra un espectro típico.



**Fig. 2.** a) Espectro de impedancia Nyquist b) Bode en módulo, típico en la medición de biodiesel.

### 4. DISCUSIÓN

Los resultados de medición de impedancia son estables, repetibles y reproducibles, al menos en la medición de biodiesel sintetizado a partir de

higuierilla, lo cual es un indicio prometedor. Con el circuito equivalente R-RC se obtuvo el valor de resistencia de la disolución de biodiesel de higuierilla de 28950 Ohms.

Por otro lado, uno de los problemas es que actualmente no existe un MRC con el cual podamos hacer una “calibración” de nuestro sistema de medida.

De acuerdo a los resultados obtenidos podemos utilizar esta celda electroquímica para generar mediciones de conductividad electrolítica más confiables en el intervalo menor a  $1 \text{ uS/cm}$ .

### 5. CONCLUSIONES

Se diseñó y construyó una celda electroquímica para medir en un intervalo menor a  $1 \text{ uS/cm}$ .

Los resultados de impedancia electroquímica, y por ende la estimación de resistencia de la disolución, son estables, repetibles y reproducibles.

### AGRADECIMIENTOS

Se agradecen a las instituciones de los autores, así como al CONCYTEQ por su apoyo económico.

### REFERENCIAS

- [1] Xiaoping, S., P. Spitzer, and U. Sudmeier, Novel method for bulk resistance evaluation in conductivity measurement for high-purity water. *Accred Qual Assur*, 2007: p. 5.
- [2] Seitz, S., et al., Traceability of electrolytic conductivity measurements to the International System of Units in the sub mS m<sup>-1</sup> region and review of models of electrolytic conductivity cells. *Electrochimica Acta*, 2010. 55: p. 9.
- [3] Pratt, K.W., et al., Molality-based primary standards of electrolytic conductivity. *Pure Applied Chemistry*, 2001. 73(11): p. 11.