

# Efectos en la curva de polarización y rendimiento de una celda de combustible tipo PEM debidos a los diseños de canales de flujo

Edwin Navarro-Ramírez<sup>a</sup>, Andrea Rodriguez-Camarillo<sup>a</sup>, Erick Abel Gallegos-Zavalá<sup>b</sup>, Víctor Manuel Saavedra-Solis<sup>b</sup>, Arlette Alonso-Hernández<sup>b</sup>, Evelin Sánchez-Rodríguez<sup>c</sup>, Adrián Corona-Muñiz<sup>c</sup>, Abel Hernández-Guerrero<sup>d</sup> and J. Luis Luviano-Ortiz<sup>d</sup>

<sup>a</sup> Licenciatura en Ingeniería Mecatrónica Universidad de Guanajuato, Salamanca, México, <sup>b</sup> Licenciatura en Ingeniería Mecánica Universidad de Guanajuato, Salamanca, México,

<sup>c</sup> Posgrado en Ingeniería Mecánica Universidad de Guanajuato, Salamanca, México, <sup>d</sup> Departamento de Ingeniería Mecánica Universidad de Guanajuato, Salamanca, México.



## Abstract

En este estudio, se muestra una perspectiva general del avance de la tecnología en conversión y generación de energía. El trabajo se enfoca en la simulación de una geometría novedosa para celdas de combustible de membrana de electrolito polimérico (PEM), enfocándose en mejorar el rendimiento y la eficiencia en comparación con las celdas y geometrías tradicionales, proporcionando, a su vez, mejores soluciones y promoviendo su adopción en el mercado de energía renovable y desarrollo de investigación.

## Introducción

En la actualidad existe una alta demanda de combustibles fósiles (altamente contaminantes), por ello, en distintos campos de investigación de generación y almacenamiento de energía (vehículos eléctricos, dispositivos electrónicos portátiles (cargadores y generadores) y sistemas eléctricos de respaldo o emergencia), se necesitan nuevas y mejores soluciones para la generación de energía. Las celdas de combustible PEM son un dispositivo que convierte la energía química de un combustible a energía eléctrica a través de una reacción estequiométrica. Además, en la búsqueda de generación y almacenamiento de energía el uso de energías fósiles es el más utilizado, pero se busca reemplazarlo por energía renovables, siendo las celdas una opción viable por su eficiencia y producción de agua y calor, lo que la convierte en una opción respetuosa con el medio ambiente.

## Metodología

Con la finalidad de obtener la curva de polarización de la celda de combustible, se analiza su desempeño bajo un voltaje del borne del cátodo dentro del rango de 0.1-0.9 V en intervalos de 0.1 V, mientras que para el borne del ánodo se mantuvo un voltaje de 0.9 V, además, de tener un área activa de  $4\text{cm}^2$ . Las condiciones de operación para la celda de combustible son las siguientes:

- Gases 100% puros de hidrógeno H<sub>2</sub> y oxígeno O<sub>2</sub> con humedad relativa del 100 % a la entrada de los canales.
- Temperatura constante de 343 K en toda la celda.
- Presión total de 2 atm.
- Razón de flujo estequiométrico del ánodo de 1.5.

- Razón de flujo estequiométrico del cátodo de 2.
- Voltaje de la celda a circuito abierto de 0.95 V.

Las ecuaciones gobernantes para simular los fenómenos físicos y desempeños térmicos se utilizaron:

Ecuación de continuidad

$$\nabla \cdot (\rho V) = 0 \quad (1)$$

Ecuación de momento

$$\rho \left[ u \frac{\partial \vec{V}}{\partial x} + v \frac{\partial \vec{V}}{\partial y} + w \frac{\partial \vec{V}}{\partial z} \right] = -\nabla P + \rho \vec{g} + \mu \nabla^2 \vec{V} \quad (2)$$

Ecuación de energía

$$\rho C \left[ u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} + w \frac{\partial T}{\partial z} \right] = k \nabla^2 T \quad (3)$$

Donde estos modelos se simplifican de acuerdo con diferentes suposiciones para la geometría simulada:

- Estado estacionario.
- Propiedades constantes.
- Efectos gravitacionales despreciables.
- Perdidas de calor despreciables por convección y radiación

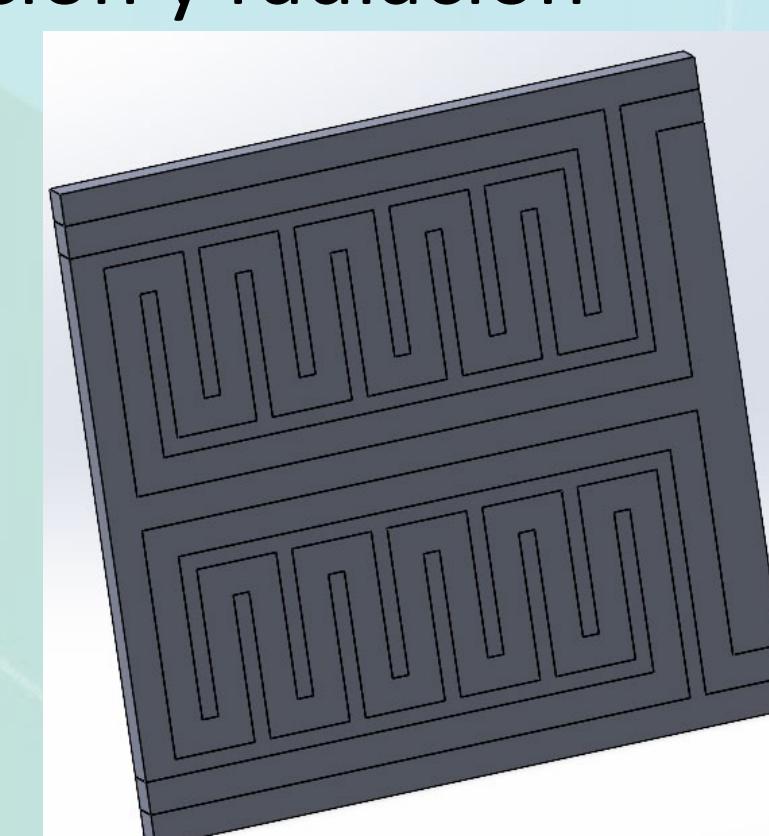


Figura 1. Geometría simulada

## Resultados y discusiones

Los resultados obtenidos de la geometría simulada se ilustran en las figuras 2 y 3, donde se muestra que tiene un mejor desempeño térmico, presión, velocidad y de potencia respecto a las geometrías y modelos convencionales. La densidad de potencia se puede calcular mediante la ecuación P=VI.

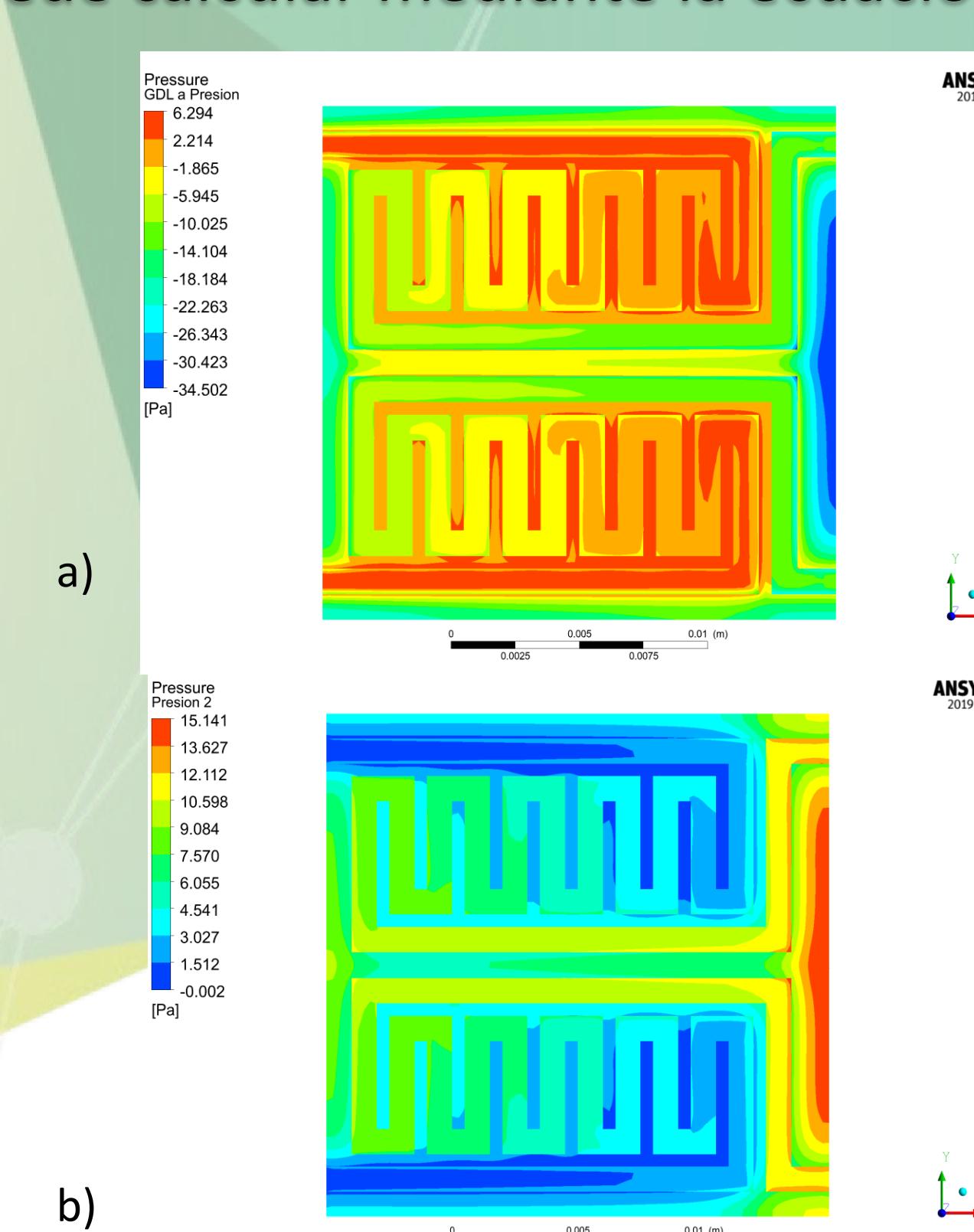


Figura 2. Grafica de contorno de distribución de presión a) GDL A y Canal A, b) GDL C y Canal C.

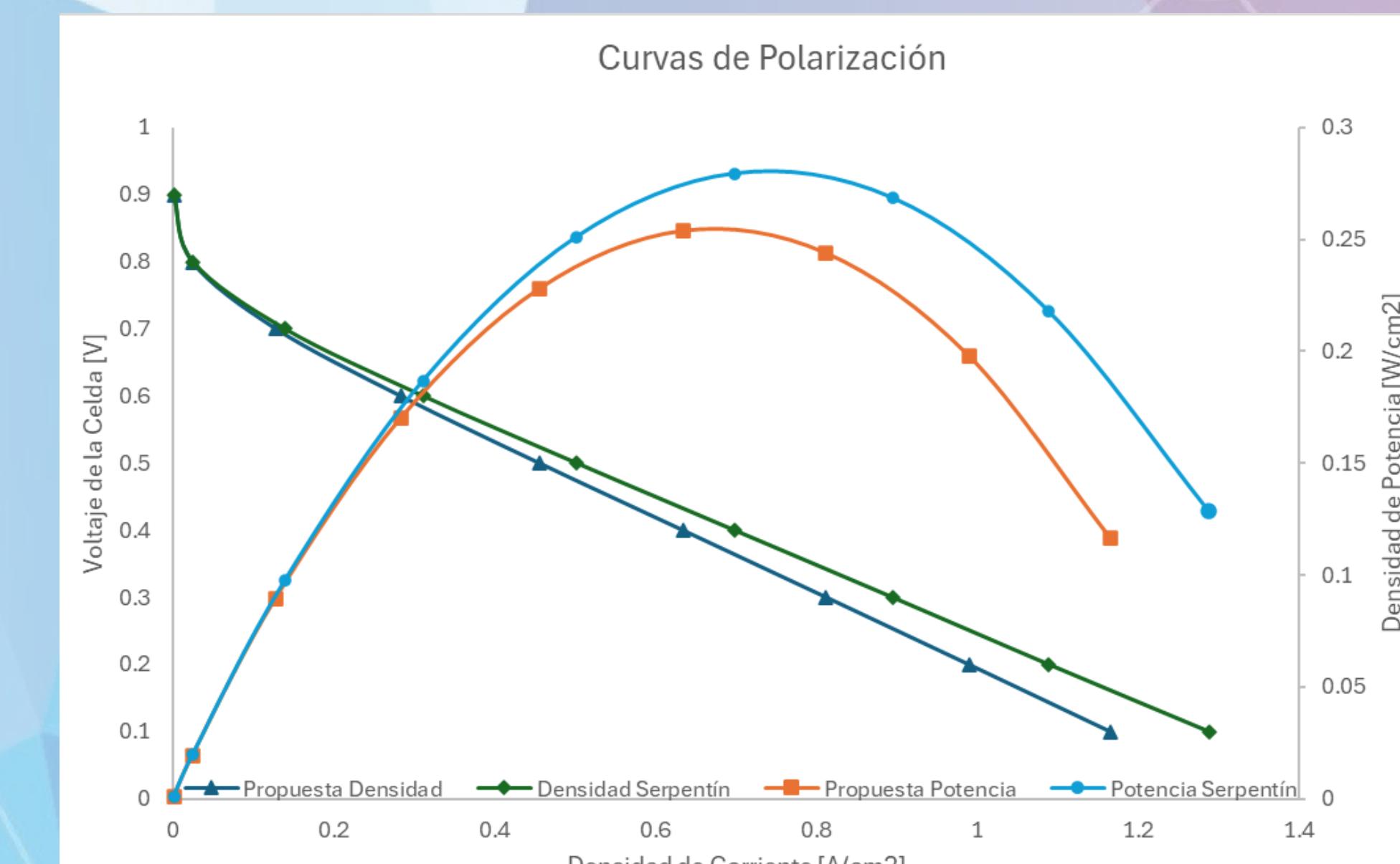


Figura 3. Grafica de curva de polarización Serpentín VS Geometría Propuesta

## Conclusiones

En este estudio se demostró que para un voltaje de celda de 0.4 V se alcanza la potencia máxima de  $0.2537028 \text{ A/cm}^2$ , por lo que alcanza un alto rendimiento a ese voltaje, aumentando aproximadamente un 2.5% de rendimiento, además, se observa que los campos de velocidad y presión tienen mejores distribuciones en comparación con los canales de flujo serpentín convencional [1], también, a un menor voltaje de celda se obtuvo una potencia mayor. Aunque para Voltajes mayores la celda Serpentín alcanza una mayor potencia.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad de Guanajuato por su apoyo a través del Programa de Verano de la Ciencia UG 2024.

## Referencias

- [1] Leila Rostami, Mohammad Zhiani, Morteza Sadeghi. Modeling of novel flow channel designs based on the serpentine and the parallel designs for performance enhancement of PEMFC. Int J Energy 258 (2022) 124726.
- [2] F. Mojica, Md. A. Rahman, J. M. Mora, J. D. Ocon, P. Y. A. Chuang. Experimental study of three channel designs with model comparison in a PEM fuel cell. Fuel Cells 2020.
- [3] Nattawut Jaruwaspant, Yottana Khunatorn. Effects of different flow channel designs on proton exchange membrane fuel cell. Energy Procedia 9 (2011): 326-337
- [4] M. Muthukumar, P. Karthikeyan, M. Vairavel, C. Loganathan, S. Praveenkumar, A. P. Senthil Kumar. Numerical studies on PEM fuel cell with different landing to channel width of flow channel. Procedia Engineering 97 (2014): 1534-1542.