

Comportamiento del diseño de una Celda de Combustible de intercambio protónico

L. Loa-Pelcastre¹, G. Mendoza-Figueroa¹, J. Padilla-Ochoa¹

Resumen— Debido a la situación actual del deterioro del medio ambiente ocasionado en gran medida por la forma tradicional de transformar energía y a la escasez futura de recursos naturales no renovables las celdas de combustibles es una alternativa.

La celda de combustible, es un dispositivo electroquímico; que convierte la energía química de un combustible directamente a energía eléctrica, calor y agua 100% pura, sin generar agentes contaminantes.

Este tipo de dispositivo electricidad a partir de hidrógeno y oxígeno.

En este trabajo se ha diseñado y construido una Celda de Combustible de Intercambio Protónico (FC PEM), con un área activa de 13 cm², catalizándola con platino negro grado fuel cell, generando electricidad a partir de hidrogeno y oxígeno.

Las partes de la celda fueron diseñadas usando software AutoCad, y ensambló en Inventor, mientras que la manufactura asistida por computadora con MasterCam y la fabricación de sus componentes en un centro de maquinada marca Hass.

Temas claves— Celdas de combustible, energía eléctrica, energía renovable, PEM, manufactura, volts.

Abstract— Due to the current situation of environmental degradation caused by the traditional way of transforming energy and future shortages of nonrenewable natural resources fuel cells are an alternative.

The fuel cell is an electrochemical device that converts the chemical energy from a fuel directly into electricity heat and water 100% pure not generating any kind of contamination.

This type of device generates electricity from hydrogen and oxygen.

In this activity was designed and built a Fuel Cell Proton Exchange (PEM FC) with an active area of 13 cm², using black platinum as a catalyst generating electricity from hydrogen and oxygen

The parts of the cell were designed using AutoCAD software the simulation of all assembly was made with Inventor software, while computer-aided manufacturing MasterCam and manufacturing components were machined in a center mark Hass.

Keywords— Fuel Cell, Solid oxides, electric power, renewable energy, PEM, manufacturing and volts.

1 León Loa Pelcastre (leonloapel@yahoo.com.mx), Gabriel Mendoza Figueroa, Jesús Padilla Ochoa. TESCo, Av. 16 de septiembre # 54, C.P. 55700, Col. Cabecera municipal, Coacalco de Berriozábal, Estado de México.

I. INTRODUCCIÓN

Debido a la situación actual del deterioro del medio ambiente ocasionado en un gran medida por la forma tradicional de transformar energía y a la escasez futura de recursos naturales no renovables (petróleo), el hombre tiene la necesidad de buscar nuevas fuentes de energía que utilicen combustibles que no contaminen como los utilizados hasta ahora, que sean de bajo costo y fácil de obtener (renovables).

Las celdas de combustible; se inventaron en el del siglo XIX, e iniciaron su desarrollo tecnológico en el siglo XX y promete ser, el nuevo recurso energético del tercer milenio. De esta manera, tendremos una nueva forma de generar energía para ser utilizada paralelamente con las existentes.

¿Qué es una celda de combustible?

Una celda de combustible, es un dispositivo electroquímico; que convierte la energía química de un combustible directamente a energía eléctrica y calor, obteniéndose un subproducto, el cual es agua 100% pura, sin producir agentes contaminantes.[1]

La celda de combustible es un dispositivo muy sencillo, el cual consiste en dos electrodos (ánodo y cátodo) separados por un electrolito. [2] Como se observa en la Figura 1.

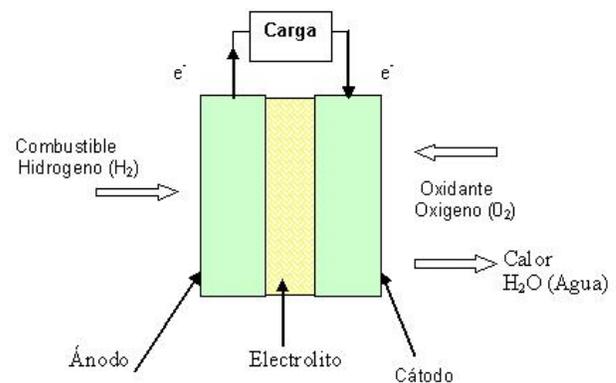
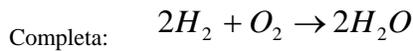
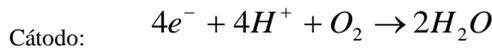
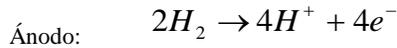


Figura 1. Esquema de una celda de combustible.

Funcionamiento:

En el ánodo las moléculas de hidrógeno pierden sus electrones y forman iones de hidrógeno, este proceso se hace posible por medio de un catalizador. Los electrones pasan al cátodo a través de un circuito externo [3].

Los iones de hidrógeno pasan al cátodo a través del electrolito, donde se unen con las moléculas de oxígeno.



Existen varios tipos de celdas de combustible, pero todas emplean del hidrógeno como combustible.

Celdas de combustible de intercambio protónico (**PEMFC**)

Celdas de combustible alcalinas (**AFC**)

Celdas de combustible de ácido fosfórico (**PAFC**)

Celdas de combustible de carbón fundido (**MCFC**)

Celdas de combustible de metanol directo (**MCFC**)

Celdas de combustible de óxido sólido (**SOFC**)

Las celdas de combustible se clasifican por el electrolito que emplean, así como por su temperatura de operación

TABLA 1. CLASIFICACIÓN DE LAS CELDAS DE COMBUSTIBLE.

Celda	Electrolito	Temperatura	Eficiencia
PEM	Polímero Sólido	20-120°C	50%
DMFC	H ₂ SO ₄	70°C	40%
AFC	NaOH	60-120°C	50%
PAFC	H ₃ PO ₄	160-200°C	40%
MCFC	KLiCO ₃	650-800°C	55%
SOFC	Óxidos Sólidos	800-1000°C	55%

Eficiencia

La eficiencia en las celdas de combustible es bastante aceptable, obteniéndose eficiencias prácticas de 40 a 60% lo cual mejora a lo ya conocido ver figura 2.

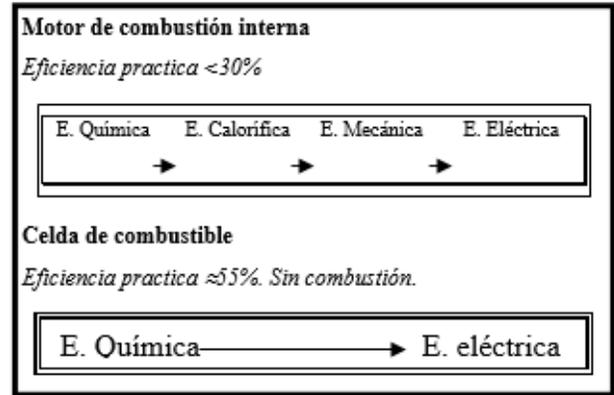


Figura 2. Comparación de celdas con el motor de Combustión interna.

Aplicación:

Desde la primera aplicación conocida de las celdas de combustible en el programa Géminis de la NASA en 1968, al obtenerse buenos resultados y sobre todo la confiabilidad. [4]

Las aplicaciones de las celdas de combustible en nuestra vida diaria serán enormes, permitirá electrificar casas, comunidades, fábricas y ciudades enteras. También se usarán como fuentes de energía para los diferentes medios de transporte, tanto terrestres como aéreas, así como fuente de energía portátil para teléfonos celulares, videocámaras, etc.

II. PARTE TÉCNICA DEL ARTÍCULO

En el siguiente diagrama se muestra la metodología para la fabricación de la celda de combustible.

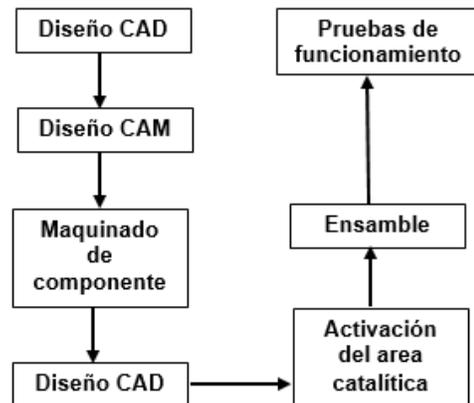


Figura 3. Manufactura de celda de combustible.

La Metodología empleada para el diseño de celda de combustible con un área activa de 13 cm². Para el maquinado se utilizarán placas de gráfico, se elaboró el maquinado CNC para ensamble de membrana con los electrodos,

Los electrodos se catalizaran con platino negro con difusores de gases de tela de carbón. Como colectores de corriente se utilizarán placas de aluminio y como soporte de la celda placas de acrílico.

En AutoCad se diseñaron los planos de los componentes de la celda de combustible: placa bipolar, tapas delantera y trasera, electrodos y sellos se realizaron utilizando software AutoCad, como se muestra en las figuras 4, 5, 6, 7 y 8.

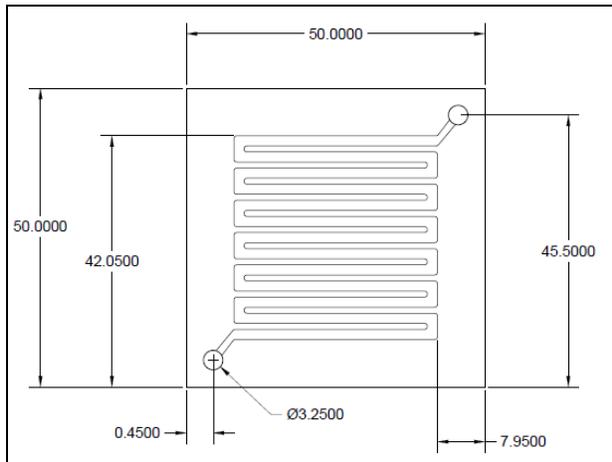


Figura 4. Placa bipolar.

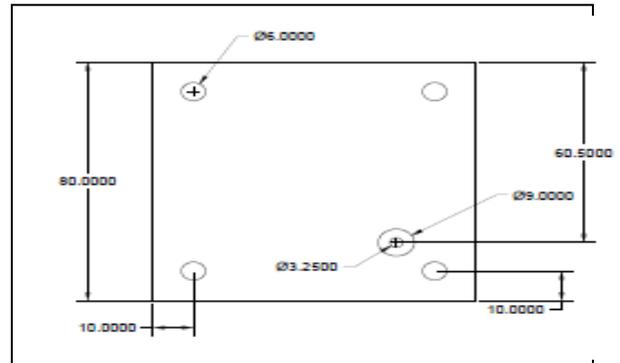


Figura 6. Tapa trasera.

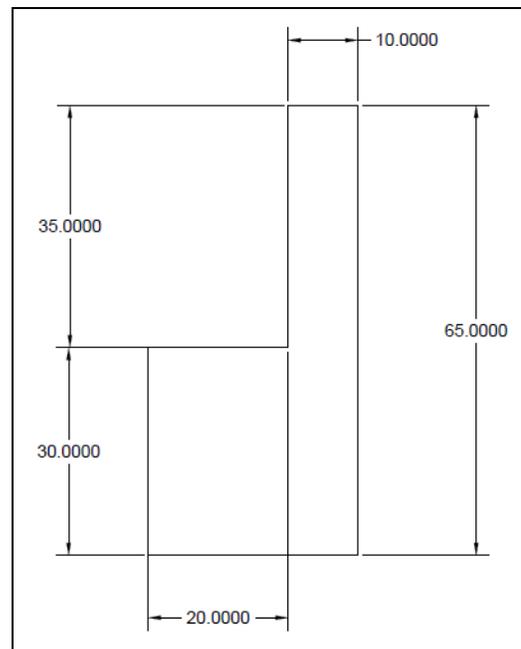
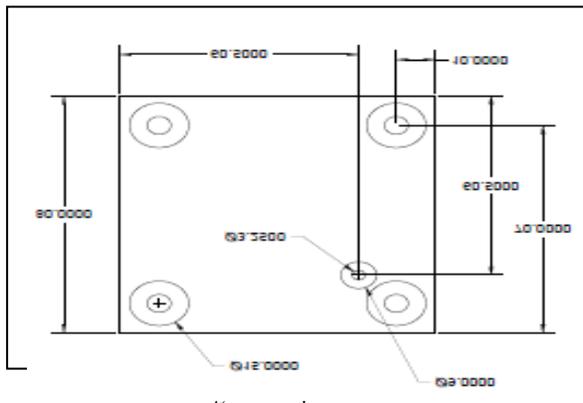


Figura 7. Electrodo.



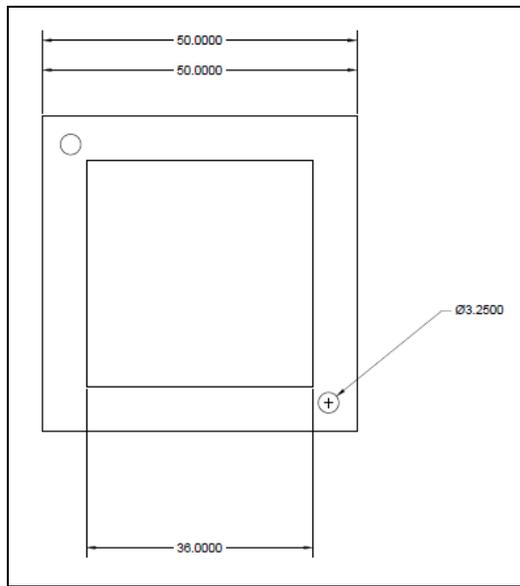


Figura 8. Sellos.

Simulación del ensamble se realizó con el software inventor. Como se muestra en la figura 9 y 10.



Figura 9. Componentes de la celda de combustible.

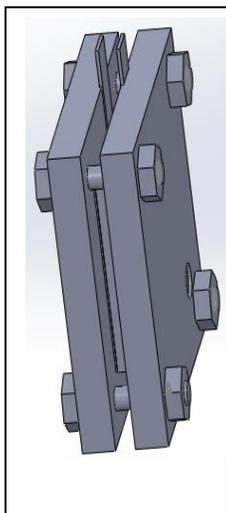


Figura 10. Ensamble de la celda de combustible.

Manufactura Asistida por Computadora (CAM)

Programación código G y M

La programación nativa de la mayoría de las máquinas de Control Numérico Computarizado, se efectúa mediante un lenguaje de bajo nivel llamado G y M.

Se trata de un lenguaje de programación vectorial mediante el que se describen acciones simples y entidades geométricas sencillas (básicamente segmentos de recta y arcos de circunferencia) junto con sus parámetros de maquinado (velocidades de husillo y de avance de herramienta).

El nombre G y M viene del hecho de que el programa está constituido por instrucciones Generales y Misceláneos.

El código G y M se obtuvo con la simulación del software MasterCam, como se muestra a continuación.

```

%
O0000
(PROGRAM NAME - PIEZA LOA )
( DATE=DD-MM-YY - 06-06-14 TIME=HH:MM - 09:42 )
N100 G21
N102 G0 G17 G40 G49 G80 G90
( 1. BULL ENDMILL 0.4 RAD TOOL - 112 DIA.
OFF. - 112 LEN. - 112 DIA. - 1.5 )
N104 T112 M6
N106 G0 G90 G54 X16.09 Y18.594 S1200 M5
N108 G43 H112 Z50.
N110 Z10.
N112 G1 Z-1.5 F11.9
N114 G3 X15.399 Y17.708 R1.5
N116 G1 X15.128 Y16.761
N118 G2 X14.406 Y16.218 R.75
N120 G1 X-16.18 Y16.25
N122 G3 X-16.43 Y16. R.25
N124 G1 Y13.
N126 G3 X-16.18 Y12.75 R.25
N128 G1 X14.82
N130 G2 X15.57 Y12. R.75
N132 G1 Y11.
N134 G2 X14.82 Y10.25 R.75
N136 G1 X-16.18
N138 G3 X-16.43 Y10. R.25
N140 G1 Y7.
N142 G3 X-16.18 Y6.75 R.25
N144 G1 X14.82
N146 G2 X15.57 Y6. R.75
N148 G1 Y5.
N150 G2 X14.82 Y4.25 R.75
N152 G1 X-16.18
N154 G3 X-16.43 Y4. R.25
N156 G1 Y1.
N158 G3 X-16.18 Y.75 R.25
N160 G1 X14.82
N162 G2 X15.57 Y0. R.75
N164 G1 Y-1.
N166 G2 X14.82 Y-1.75 R.75
N168 G1 X-16.18
N170 G3 X-16.43 Y-2. R.25
N172 G1 Y-5.
N174 G3 X-16.18 Y-5.25 R.25
N176 G1 X14.82

```

N178 G2 X15.57 Y-6. R.75
 N180 G1 Y-7.
 N182 G2 X14.82 Y-7.75 R.75
 N184 G1 X-16.18
 N186 G3 X-16.43 Y-8. R.25
 N188 G1 Y-11.
 N190 G3 X-16.18 Y-11.25 R.25
 N192 G1 X14.82
 N194 G2 X15.57 Y-12. R.75
 N196 G1 Y-13.387
 N198 G2 X14.82 Y-14.137 R.75
 N200 G1 X-16.838
 N202 X-18.599 Y-16.161
 N204 G3 X-18.219 Y-16.487 R.25
 N206 X-18.205 Y-16.468 R.25
 N208 G1 X-15.856 Y-14.25
 N210 X15.442
 N212 G3 X15.692 Y-14. R.25
 N214 G1 Y-11.
 N216 G3 X15.442 Y-10.75 R.25
 N218 G1 X-15.558
 N220 G2 X-16.308 Y-10. R.75
 N222 G1 Y-9.
 N224 G2 X-15.558 Y-8.25 R.75
 N226 G1 X15.442
 N228 G3 X15.692 Y-8. R.25
 N230 G1 Y-5.
 N232 G3 X15.442 Y-4.75 R.25
 N234 G1 X-15.558
 N236 G2 X-16.308 Y-4. R.75
 N238 G1 Y-3.
 N240 G2 X-15.558 Y-2.25 R.75
 N242 G1 X15.442
 N244 G3 X15.692 Y-2. R.25
 N246 G1 Y1.
 N248 G3 X15.442 Y1.25 R.25
 N250 G1 X-15.558
 N252 G2 X-16.308 Y2. R.75
 N254 G1 Y3.
 N256 G2 X-15.558 Y3.75 R.75
 N258 G1 X15.442
 N260 G3 X15.692 Y4. R.25
 N262 G1 Y7.
 N264 G3 X15.442 Y7.25 R.25
 N266 G1 X-15.558
 N268 G2 X-16.308 Y8. R.75
 N270 G1 Y9.
 N272 G2 X-15.558 Y9.75 R.75
 N274 G1 X15.424
 N276 G3 X15.657 Y10. R.25
 N278 G1 Y13.
 N280 G3 X15.424 Y13.25 R.25
 N282 G1 X-15.558
 N284 G2 X-16.308 Y14. R.75
 N286 G1 Y15.
 N288 G2 X-15.558 Y15.75 R.75
 N290 G1 X15.623
 N292 Y17.085
 N294 X16.195 Y18.872
 N296 G3 X15.7 Y18.831 R.25
 N298 G1 X15.696 Y18.741
 N300 X15.399 Y17.708
 N302 G3 X15.608 Y16.438 R1.499
 N304 G1 Z8.5
 N306 G0 Z50.
 N308 M5
 N310 G91 G28 Z0.
 N312 G28 X0. Y0.
 N314 M30

III. PUESTA EN MARCHA

Una vez que se ensambló la celda de combustible, se humedeció por 10 minutos la parte catalítica inyectándole agua destilada. Posterior a esto se alimentó de hidrógeno y oxígeno a la celda de combustible, se midió con un Voltmetro el diferencial de potencial que entregó la celda, el cual fue de 1.3 Volts. Como se muestra en la figura 11.



Figura 11. Prueba de funcionamiento de tensión eléctrica.

Conclusiones

Este trabajo se centró fundamentalmente en el diseño, construcción, ensamble y puesta en marcha de la celda de combustible con la cual se cumplieron nuestras expectativas de generar energía eléctrica, la cual fue de 1.3 Volts de Corriente directa.

Podemos decir que las celdas de combustible serán (o son) una interesante y muy viable fuente de energía, renovable, no contaminante y sustentable. Sus ventajas hacen que esta nueva tecnología este creciendo a pasos, lo cual bajara sus costos de fabricación que actualmente son muy elevados.

En nuestro caso se tiene contemplado trabajar en obtener la eficiencia teórica y analizar el funcionamiento de la celda de combustible modificando sus parámetros de funcionamiento y condiciones de funcionamiento.

IV. AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Mexiquense de Ciencia y Tecnología (COMECYT), por el apoyo económico para poder realizar este proyecto.

V. REFERENCIAS

- [1] K. V. Kordesch, J. C. T. Oliveira, "Fuel cells", Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Fifth Edition, VCH, Weinheim, Germany, Vol. A 12, pp 55-83.
- [2] Karl Kordesch, Günter Simader Fuel Cells and Their Application, VCH, Weinheim, New York, Basel, Tokio, pp 11.
- [3] Supramaniam Srinivasan, Renaut Mosdale, Philippe Stevens, Christopher Yang, Fuel Cells: Reaching The Era of Clean and Efficient Power Generation in the Twenty-First Century, Annu. Rev. Energy Environ 1999, Vol. 24 pp 281-328.
- [4] National Aeronautical and Space Administration, Safety Standard for Hydrogen and Hydrogen Systems.

VI. BIOGRAFÍA



León Ioa Pelcastre. Ecatepec, Estado de México, 11 de abril de 1969, M. en C. en Ingeniería industrial en Tecnológico de Estudios Superiores de Coacalco, Coacalco, Estado de México, México, 2010.

Actualmente labora en TESCO, como profesor de tiempo completo, Coacalco, Estado de México, México, líneas de investigación automatización industrial y nuevas energías.



Gabriel Mendoza Figueroa. Veracruz, Estado de Veracruz, 6 de noviembre de 197, M. en C. en automatización y control, ESIME-IPN, México, 1997.

Actualmente labora en TESCO, como profesor de tiempo completo, Coacalco, Estado de México, México, líneas de investigación automatización industrial y nuevas energías.



Jesús Padilla Ochoa. Morelia, Estado de Michoacán, 19 de octubre de 1987, Pasante de Ing. Electromecánico. En Tecnológico de Estudios Superiores de Coacalco, Coacalco.