

## **CONSTRUCCIÓN DE PROTOTIPO: PANEL SOLAR - ELECTROLIZADOR - CELDA DE COMBUSTIBLE, PARA RECARGAR UN TELÉFONO CELULAR.**

E. Fuentes-Quezada\*, A. Rodríguez-Castellanos, O. Solorza-Feria

CINVESTAV-IPN. Depto. de Química. Av. IPN 2508, Col. San Pedro Zacatenco

C.P.: 07360 Tel: 5747-3800, Ext.: 4073, Mail: edfq\_1986@hotmail.com

Modalidad: Oral

### **RESUMEN**

En la actualidad los combustibles más utilizados para producir energía son el petróleo y el carbón, sin embargo, su combustión produce residuos contaminantes ( $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_x$ ,  $\text{CO}_x$ , etc.) que son liberados a la atmósfera favoreciendo el aumento de la contaminación y los gases de efecto invernadero.

Sí consideramos las reservas de estos combustibles y su proyección, es evidente que en el futuro habrá la necesidad de desarrollar nuevas alternativas que permitan la producción de energía de manera eficiente y sin generar residuos contaminantes, tomando en cuenta las enormes necesidades energéticas que requiere el actual mundo globalizado en el que vivimos.

El prototipo que se describe en este texto representa una alternativa para producir energía eléctrica con cero emisiones contaminantes, utilizando como combustible hidrógeno y una fuente renovable de energía como la energía solar.

El hidrógeno, como tal, es un portador energético que puede ser almacenado, transportado y transformado en energía eléctrica gracias a las celdas de combustible.

Aun que el hidrógeno es el elemento que más abunda en el universo, debe obtenerse a partir de ciertas materias primas y a través de una serie de transformaciones en las que se requiere utilizar energía. Este sistema, como ya se menciono, utiliza la energía solar para llevar a cabo la electrolisis del agua y producir así el hidrógeno y oxígeno requeridos por la celda para generar energía eléctrica aprovechable, pensando en esto, se tomo la decisión de aplicarlo en la recarga de una batería de teléfono celular.

## **1.- Introducción**

El uso de la energía es necesario prácticamente para todo lo que rodea al ser humano y aun más para el desarrollo tecnológico e industrial de un país. En México la producción de energía primaria está encabezada por los hidrocarburos con un 89.1% de la oferta total generada en el país [1], sin embargo, estos recursos son finitos lo que significa que si no se modera su uso en algunos años se habrán agotado excluyendo a las futuras generaciones de ellos. Aunado a esto, los problemas de contaminación que estos combustibles producen como el efecto invernadero, las lluvias acidas, por mencionar algunos, han creado la necesidad de desarrollar y construir sistemas o dispositivos que generen energía eléctrica utilizando nuevos combustibles y energías renovables que no produzcan impactos negativos al medio ambiente.

Las celdas de combustible, además de ofrecer el medio para generar energía eléctrica sin agentes contaminantes de por medio, hoy en día permiten tener a nuestra disposición una alternativa altamente flexible que puede adecuarse a prácticamente cualquier necesidad energética y promover el uso de nuevos combustibles. El acoplamiento de un electrolizador, un panel solar que aproveche una fuente renovable de energía y una celda de combustible con membrana de intercambio protónico, constituye un sistema extraordinariamente prometedor para la producción de energía eléctrica. Así, la energía eléctrica producida por el panel solar, a partir de una fuente renovable como el sol, es aplicada para llevar a cabo la electrolisis del agua y producir hidrógeno y oxígeno que pueden ser almacenados o bien alimentados directamente a la celda de combustible para generar energía eléctrica y ser aprovechada por un dispositivo de baja potencia, para este caso en particular, la batería de un teléfono celular [2].

Faltan muchos avances tecnológicos para llevar a gran escala estas tecnologías, sin embargo, el primer paso se está dando y mientras científicos e investigadores sigan trabajando se espera poder hacer uso de ellas en los años venideros.

## 2.- Condiciones experimentales

### 2.1.- Panel Solar

Este sistema utiliza un panel solar, fabricado comercialmente de silicio policristalino, para llevar a cabo la conversión de energía luminosa a eléctrica y alimentar de corriente directa al electrolizador con membrana polimérica que funciona con agua. El panel proporciona una potencia máxima de 0.60 watts a una corriente y voltaje de 0.30 A y 2.0 V respectivamente.

### 2.2.- Electrolizador

El electrolizador esta construido con corazas de grafito comercial marca POCO, empaques de silicón y colectores de corriente de lamina de acero inoxidable de acuerdo con el diseño que se muestra en la figura 1. Los MEA's (ensamble membrana-electrocatalizadores) que utiliza se prepararon con membrana comercial Nafión 115, Platino al 10 % soportado en carbón Vulcan (Pt/C) y una mezcla de óxido de rutenio y cobalto (RuCoOx) sintetizado por tratamiento térmico del  $\text{RuCl}_3$  y  $\text{CoCl}_2$ .

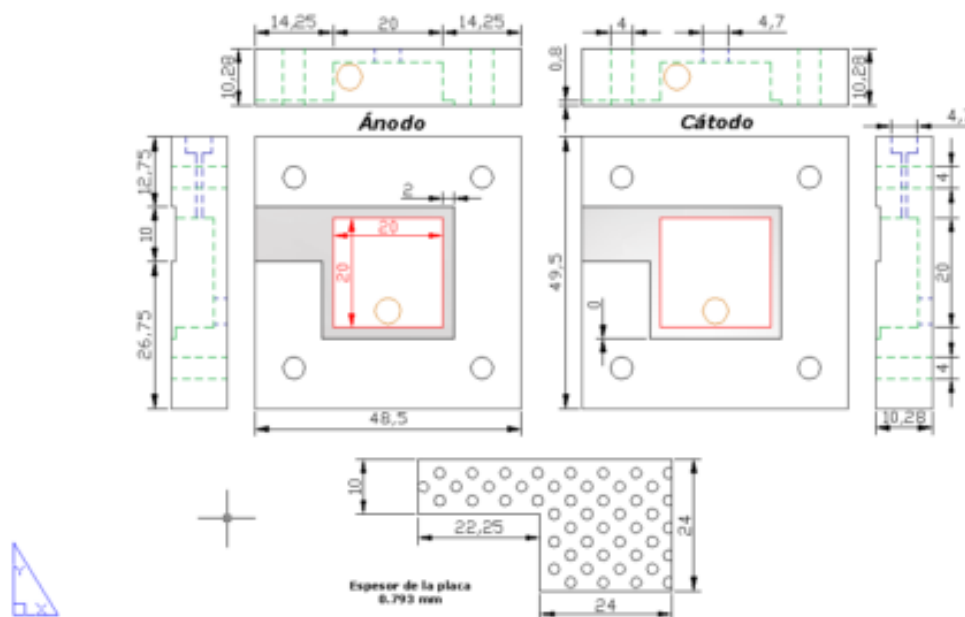


Figura 1.- Diseño del electrolizador tipo PEM con colectores de corriente.

Las cargas electrocatalíticas con las que se trabajó en la preparación del ensamble corresponden a  $2.8 \text{ mg/cm}^2$  de RuCoOx sin carbón para el lado del ánodo y  $1.2 \text{ mg/cm}^2$

de Pt/C al 10% peso para el lado del cátodo. Las cargas se calcularon utilizando el método simplex [3].

La eliminación de impurezas y protonación de la membrana se logro mediante un tratamiento de activación. Los catalizadores se depositaron, por ambos lados de la membrana, en un área de  $4\text{ cm}^2$  por el método de aspersión de tintas catalíticas con ayuda de un dispositivo semiautomático para posteriormente ser sinterizado.

El ensamble se colocó en el electrolizador entre los dos colectores de corriente. El agua es alimentada y recirculada por la parte central, en un arreglo en paralelo, encontrando salida junto con el hidrógeno y oxígeno de la electrolisis por la parte superior de cada uno de los electrodos. Los gases son almacenados en dos recipientes para ser utilizados por la celda cuando se requiera.

### **2.3.- Celda de Combustible**

La celda de combustible es un dispositivo electroquímico que convierte de forma directa la energía química del combustible, en energía eléctrica [4]. Esta celda utiliza como soporte dos placas de aluminio y como electrodos (ánodo y cátodo) terminales dos platos colectores monopolares. Entre los extremos de la celda se localizan catorce platos colectores bipolares, todos ellos de carbón de alta densidad con un campo de flujo en forma de canales rectos transversales con 1 mm de profundidad y un espesor de 1.585mm (1/16 de pulgada) para distribuir los gases y evacuar el agua producida en la reacción catódica. Como colectores de corriente hacia el circuito externo se usaron dos placas de latón y entre estas y la de aluminio se colocó una placa de acrílico con el propósito de aislar y distribuir los gases de entrada y salida, como se muestra en la figura 2.

Entre cada plato colector de corriente se colocó un ensamble membrana-electrocatalizador hecho con membrana Nafion NRE-112, catalizadores de Pt al 20% peso/C con cargas de  $0.5\text{ g/cm}^2$  por ambos lados en un área de  $9.01\text{ cm}^2$  sumando un área de  $135\text{ cm}^2$  en toda la celda y difusores de tela de carbón, como se muestra en la figura 3.

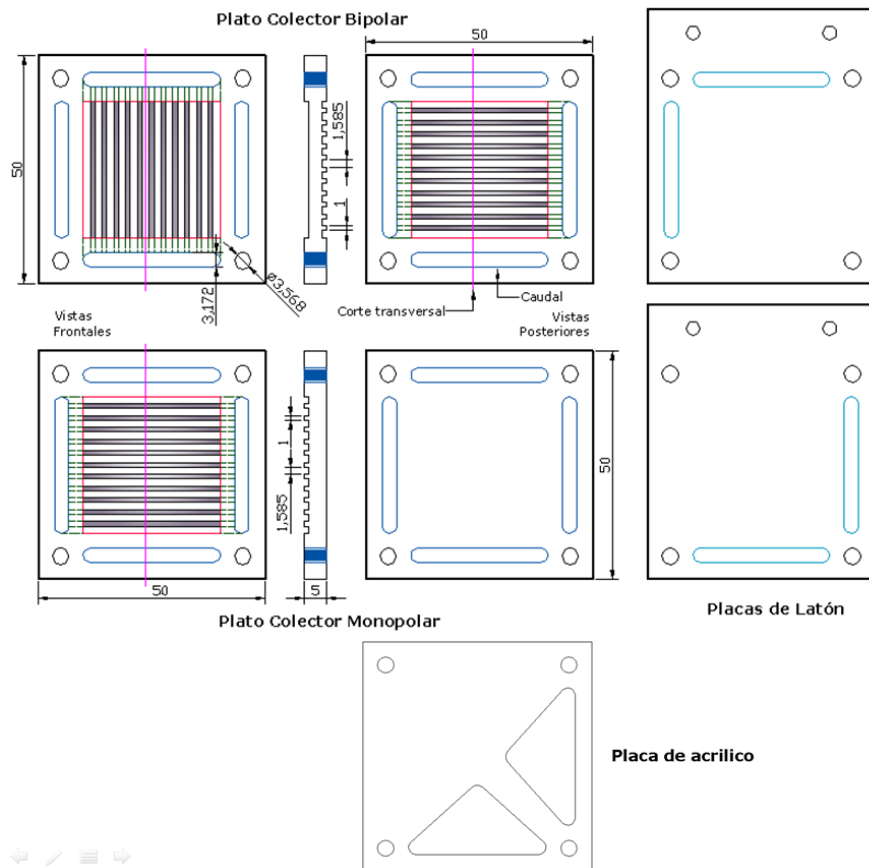


Figura 2.- Diseño de platos colectores y placas para la celda de combustible.

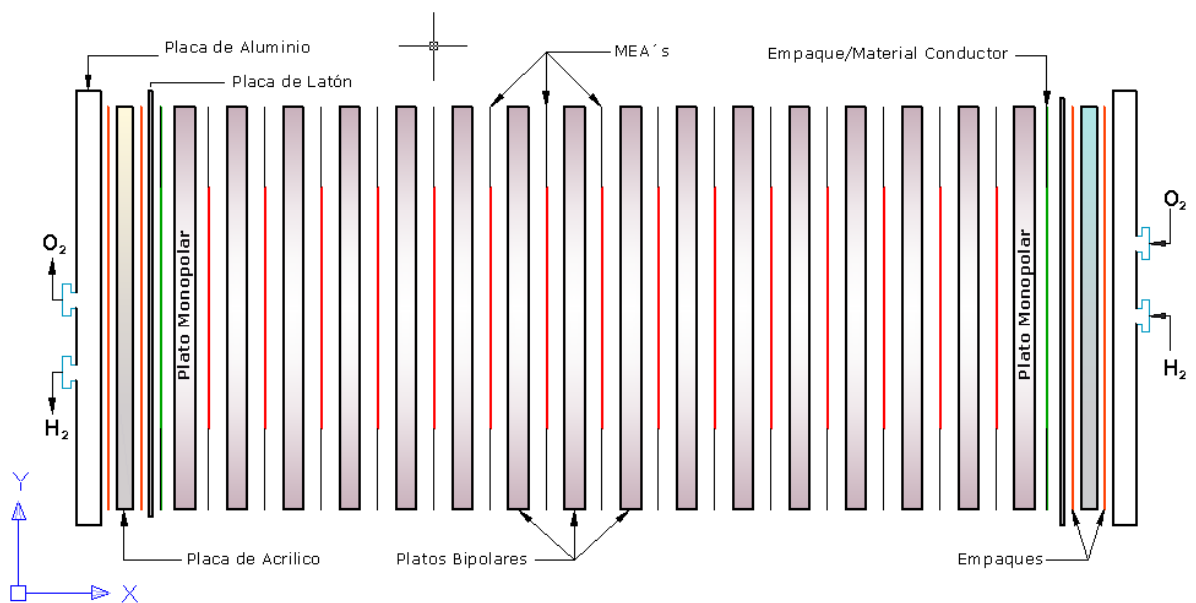


Figura 3.- Esquema del stack de la celda de combustible.

### 3.- Resultados y discusión

#### 3.1.- Caracterización del panel solar

Las respuestas corriente - voltaje - potencia de este dispositivo se obtuvieron iluminándolo con radiación solar y aplicándole diferentes cargas. La mayor radiación se logro colocándolo de manera perpendicular a los rayos del sol. En la figura 4 se muestra la curva característica resultante.

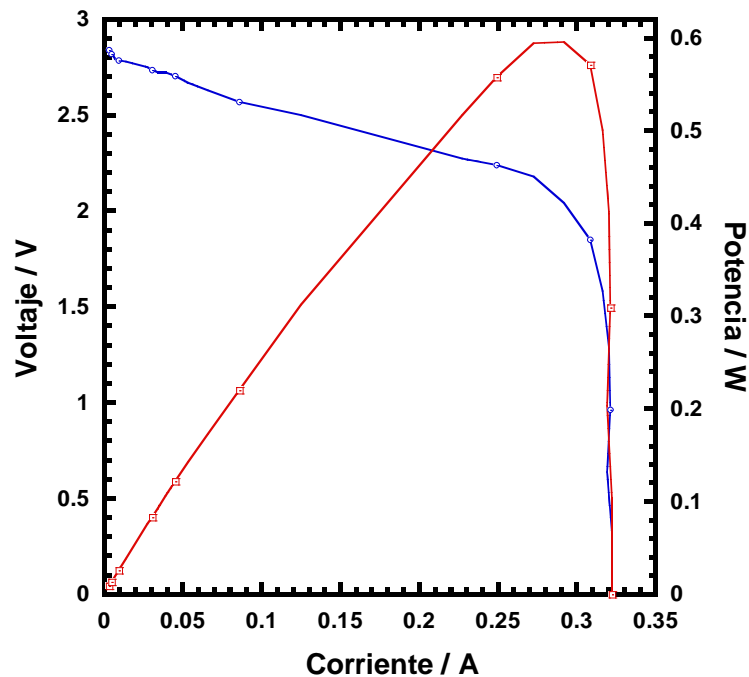


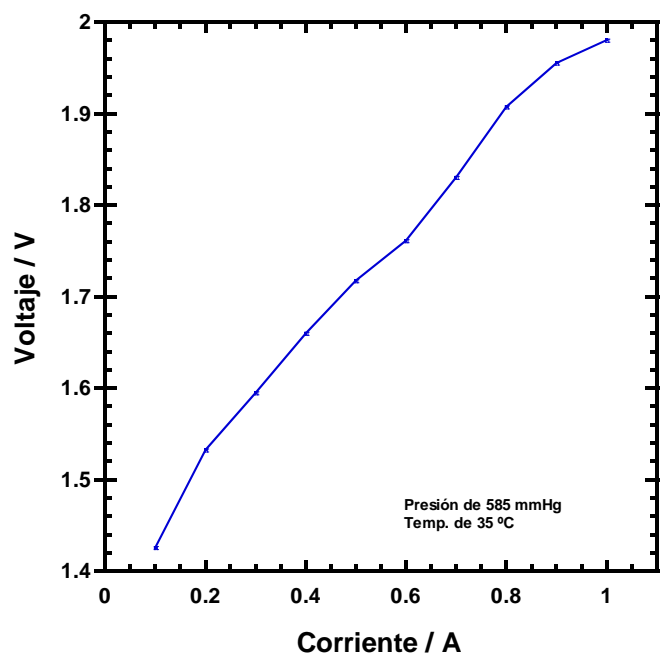
Figura 4.- Respuestas corriente – voltaje – potencia del panel solar.

En la grafica se observa que el panel solar tiene un potencial a circuito abierto de 2.8 V y la máxima potencia que proporciona es de 0.60 W a una corriente de 0.30 A y un potencial de 2.0 V aproximadamente.

#### 3.2.- Caracterización del Electrolizador

En la figura 5 se muestran las respuestas corriente - voltaje del electrolizador obtenidas mediante ensayos de polarización galvanostática a diferentes intervalos de corriente con una recirculación del agua de alimentación.

La eficiencia en corriente obtenida fue de 99% y la energética de 74%, ambas, a una corriente de 1 A bajo condiciones de temperatura y presión de 35°C y 585 mmHg [3].



*Figura 5.- Desempeños del electrolizador con un MEA.*

### 3.3.- Caracterización de la celda de combustible

En la figura 6 se muestran las respuestas voltaje – corriente – potencia de la celda de combustible construida con quince MEA's. La celda de combustible se caracterizo en un módulo de pruebas utilizando  $H_2$  y  $O_2$  de alta pureza con flujos, para ambos gases, de  $1000 \text{ cm}^3/\text{min.}$ , sin presurizar y a una temperatura de la celda de  $50 \text{ }^\circ\text{C}$ .

En la grafica se puede ver que el voltaje de la celda a circuito abierto es de  $14.0 \text{ V}$  y este disminuye conforme aumenta la corriente. La máxima potencia que alcanza la celda es de  $44.8 \text{ W}$  a una corriente de  $8.5 \text{ A}$  y un voltaje de  $5.2 \text{ V}$ .

La figura 7 muestra los resultados obtenidos de la prueba de estabilidad al aplicarle una corriente de  $1 \text{ A}$  por un periodo de  $1 \text{ hora}$ .

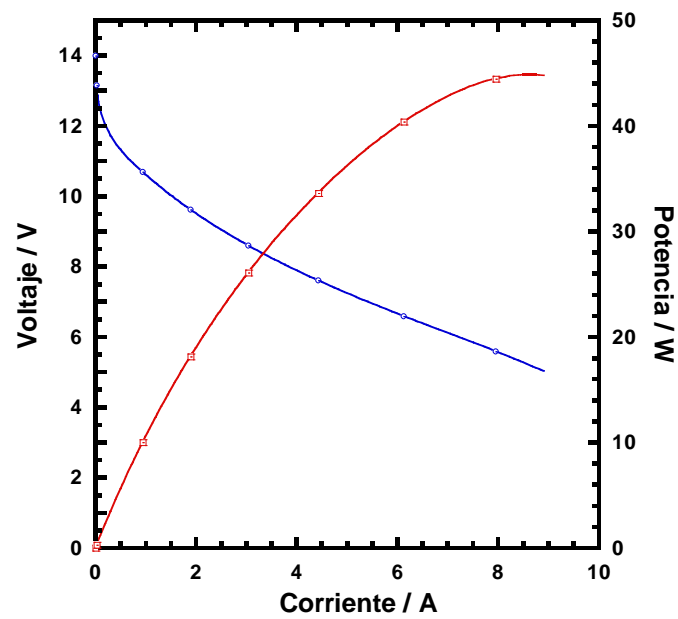


Figura. 6. Desempeño de la celda de combustible  $H_2/O_2$  a una temperatura de 50 °C.

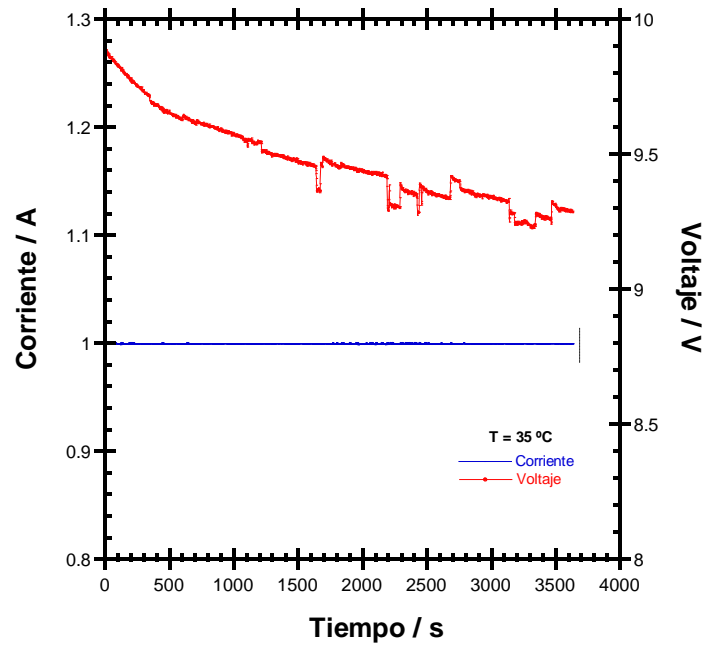


Figura 7.- Grafica de estabilidad de la celda de combustible.

### 3.4.- Caracterización del acoplamiento Panel solar – Electrolizador.

En la figura 7 se muestra el desempeño del Panel Solar – Electrolizador y el punto de acoplamiento entre ambos. El acoplamiento se obtiene a un voltaje de 1.6 V y una



corriente de 0.32 A, dando como resultado una potencia de alimentación al electrolizador de 0.512 W.

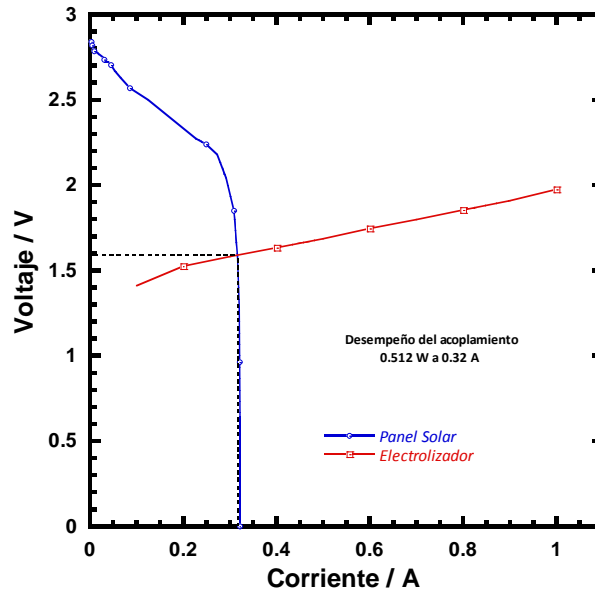


Figura. 7. Desempeño del acoplamiento Panel Solar – Electrolizador.

#### 4.- Conclusiones

Se ha diseñado, construido y caracterizado un electrolizador que se acopla a un panel solar y aprovecha el 85.3 % de su potencia máxima. La eficiencia en corriente y energética lograda por el electrolizador es de 99% y 74% respectivamente. La celda que se construyó permite transformar la energía química de la reacción, entre el hidrógeno y el oxígeno provenientes del electrolizador, en energía eléctrica para ser aprovechada por la batería de un teléfono celular.

#### 5.- Agradecimientos

Agradecemos al ICYTDF (Ref-OSF) por el financiamiento en la realización de este proyecto.

#### 6.- Referencias

- [1] SENER (Secretaría de Energía), *Balance Nacional de Energía 2008*, 22, 23, (2009).

- [2] R. G. González Huerta, E. López Chávez y B. Velázquez Morales, *Hidrógeno; Introducción a la energía limpia*, 17, 18, 19, Universidad Autónoma de la Ciudad de México, (2009).
- [3] A. Rodríguez Castellanos, *Diseño, Construcción y estudio del desempeño de un electrolizador con membrana de intercambio protónico*, Tesis de licenciatura (T-00-05) ESIQIE-IPN, 25, 26, (2005).
- [4] M. Gasik, Woodhead, *Materials for fuel cell*, 1, 2, Publishing in Materials, (2008).