

# **Aplicaciones del hidrógeno como biogás, producido en una celda de combustible de orina**

**Gabriel Luna-Sandoval**

Universidad Estatal de Sonora, San Luis R.C., Sonora, México, gabriel.luna@ues.mx

**Cinthia Gil-Urquidez**

Universidad Estatal de Sonora, San Luis R.C., Sonora, México, cinthia\_gil\_urquidez@hotmail.com

**Martín Santacruz-Tirado**

Universidad Estatal de Sonora, San Luis R.C., Sonora, México, msantacruztir@hotmail.com

**Eusebio Jiménez-López**

Universidad La Salle Noroeste-CINNTRA UTS-IIMM. Cd. Obregón Sonora, México, ejimenezl@msn.com

**Víctor H. Yaurima-Basaldúa**

Universidad Estatal de Sonora, San Luis R.C., Sonora, México, victor.yaurima@ues.mx

**Marco A. Maciel-Monteon**

Universidad Estatal de Sonora, San Luis R.C., Sonora, México, macielmonteon@hotmail.com

## **ABSTRACT**

This paper presents the applications of a urine fuel cell to produce hydrogen used as biogas. The importance of research against the energy crisis facing the international community is needed to study and offer practical solutions not only for more energy, also, to optimize its use. This fuel cell was improved in order to use urine as a primary source of green or renewable energy production used for internal combustion engines and other important applications. The urine fuel cell is now a practical and economically important solution to produce a future clean energy: hydrogen.

**Keywords:** Hydrogen, Urine, Biogas.

## **RESUMEN**

El presente artículo presenta las aplicaciones de una celda de combustible de orina para la producción de hidrógeno utilizado como biogás. La importancia de hacer investigación ante la crisis de energéticos que enfrenta la comunidad internacional, siendo necesaria para estudiar y ofrecer soluciones prácticas no sólo para obtener más energéticos, así mismo, para optimizar su utilización. Esta celda de combustible se mejoró para poder utilizar orina como fuente primaria de producción de energía verde o renovable utilizada para motores de combustión interna y otras aplicaciones importantes. La celda de combustible de orina es hoy en día una solución práctica y económicamente importante para producir una de las energías limpias del futuro: hidrógeno.

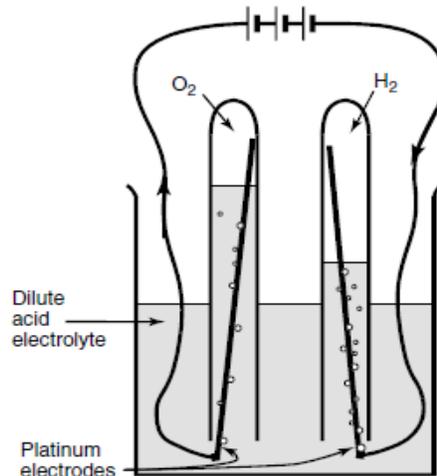
**Palabras claves:** Hidrógeno, Orina, Biogás.

## **1. INTRODUCCIÓN**

La Universidad Estatal de Sonora se encuentra desarrollando y mejorando el diseño y construcción de las celdas de orina para producir hidrógeno y utilizarlas en aparatos o máquinas que utilicen un gas como principio de

combustión. Algunos prototipos en el mundo están actualmente en la fase de pruebas y serán comercializados en la primera mitad de este siglo.

La operación básica de las celdas de combustible de hidrógeno es extremadamente simple. La primera demostración de una celda de combustible fue por el abogado y científico William Grove en 1839, usando un experimento a lo largo de las líneas que se muestran en la Figura 1. El agua es electrolizada en hidrógeno y oxígeno al pasar una corriente eléctrica a través de ella.



**Figura 1: El agua es separada en hidrógeno y oxígeno al paso de una corriente eléctrica.**

Las celdas de combustible podrían reducir dramáticamente la contaminación del aire aún cuando la demanda de combustibles fósiles sigue en crecimiento.

En este siglo la economía del hidrógeno será parte de los países y este elemento será usado para producir gran porcentaje de energía eléctrica residencial, así como, para el uso en el transporte.

Países industrializados gastan millones de dólares en investigación y desarrollo de celdas de combustible; esta tecnología en 1839, cuando William Grove desarrollo la primera celda de combustible era un sueño. Hoy en día no se considera un sueño sino como una buena solución para satisfacer parte de la demanda energética y ambiental del futuro, no muy lejano.

Las celdas de combustible han sido identificadas y situadas particularmente para aplicaciones móviles por el alto poder energético y baja temperatura de operación que lleva consigo el foco de la investigación es la celda de combustible con la visión de incorporar las celdas de combustible de hidrógeno en vehículos eléctricos y aplicaciones de energía portátil. Para el uso efectivo de las celdas de combustible se requiere un extenso grupo de trabajo ingenieril.

Cabe recordar que la orina contiene urea, esto significa que tenemos 2 moléculas de hidrógeno en el agua de la orina, sumadas a las 4 moléculas de hidrógeno en la urea. Contra la electrólisis del agua (usada en otras celdas de combustible) que contiene solo 2 moléculas de hidrógeno, la orina es más eficiente con sus 6 moléculas de hidrógeno, por ende tendremos más producción de biogás con menor cantidad de energía requerida por la reacción química.

Esta sencilla operación de producción de hidrógeno a partir de la orina como residuo orgánico puede aplicarse de forma sencilla en máquinas o elementos de nuestra vida cotidiana, como pueden ser: Los autos, las estufas de gas, los calentadores de agua, entre otros.

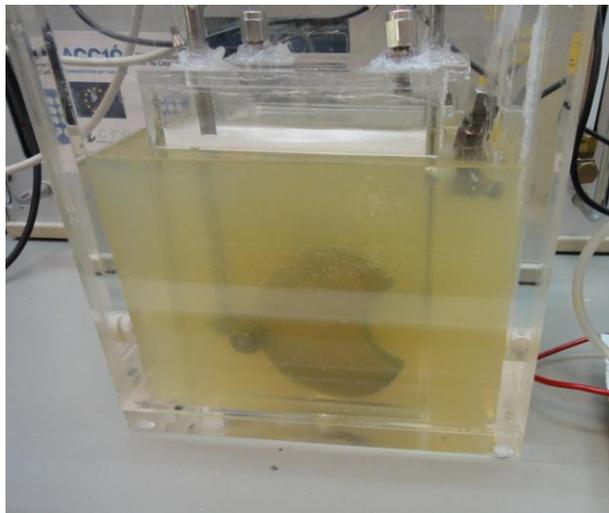
## 1.1 CELDA DE COMBUSTIBLE DE URINA

En esta sección se presenta el diseño en desarrollo de la celda de combustible de orina para la producción de biogás. Algunas características técnicas se presentan en la Tabla 1.

**Tabla 1: Características técnicas de la celda de combustible de orina**

Componentes	Características principales
Electrodos	Acero inoxidable para bajar los costos de manufactura y estén al alcance de adquisición para toda persona. Con un área de trabajo de 42 cm <sup>2</sup> por cada electrodo (cátodo y ánodo).
Tanque	Acrílico por ser un material de fácil manejo y muy resistente, para la fase de diseño y desarrollo es el material más conveniente.
Hidrógeno	Principal Biogás producido, obteniendo un caudal de 543 ml/min
Oxígeno	Gas secundario con una amplia variedad de aplicaciones, obteniendo un caudal de 274 ml/min

La Figura 2 muestra la celda de combustible de orina que hasta el momento se ha desarrollado, teniendo en cuenta que sigue en la etapa de rediseño para controlar la corrosión en los electrodos.



**Figura 2: Celda de combustible de orina para la producción de biogás.**

Al producirse la electrólisis la orina se turbia a consecuencia de la reacción química de sus compuestos, para ellos se desarrollo un mecanismo de limpieza, así como un mecanismo de filtrado para retener el amoníaco que se produce en la orina y altamente corrosivo para los electrodos.

Cabe mencionar algunos datos de los resultados obtenidos en pruebas experimentales previas:

Se obtuvo aproximadamente 1 litro de gas hidrógeno-oxígeno con 10ml de orina, en 35segundos.

## 2. APLICACIONES DEL BIOCOMBUSTIBLE PRODUCIDO EN LA CELDA DE COMBUSTIBLE DE ORINA

La principal aplicación que se busca con este proyecto es la de sustituir los combustibles fósiles por combustibles producidos a través de sistemas renovables. Algunas aplicaciones importantes del hidrógeno obtenido se muestran en la Tabla 2. El biogás puede ser utilizado en nuestro hogar, así como en cualquier motor de combustión interna en autos o plantas de emergencia, en calderas y muchas más. El oxígeno se puede recombinar para ser utilizado en las aplicaciones antes descritas pero también se puede utilizar en forma separada para aplicaciones médicas, espaciales y otras más.

**Tabla 2: Aplicaciones del biogás producido en la celda de combustible de orina**

Aplicaciones	Descripción
Estufa de gas	Hoy en día están en auge las casas sustentables, es por ellos que se ofrece una nueva alternativa de sustituir el gas convencional (fósil) por uno que no contamine como lo es el hidrógeno.
Calentadores de agua	Se puede utilizar en casas sustentables o en instituciones donde se utilicen calderas para abastecer de agua caliente el edificio, bajando sus costos de operación.
Motores de combustión interna	Sustituir la gasolina por una combustible no contaminante está en auge, por ello se están haciendo grandes esfuerzos para poder utilizar la celda de combustible de orina en motores de combustión interna para evitar la contaminación ambiental. Asimismo se pueden utilizar en las plantas generadoras de electricidad que se utilizan en edificios u hospitales para la energía de emergencia en caso de un apagón eléctrico.
Varios	Se encuentra una amplia variedad de aplicaciones según las necesidades de cada persona.

A continuación se muestra una comparativa energética para justificar la sustitución de combustibles fósiles (incluso biocombustibles) por el biogás producido en la celda de combustible de orina, la Tabla 3 nos informa de ello.

**Tabla 3: Poder calorífico de algunos combustibles**

Combustible	Poder calorífico inferior kJ/kg	Poder calorífico superior kJ/kg
Etanol puro	26,790	29,720
Metanol	19,250	-----
Gas natural	39,900	44,000
Propano	46,350	50,450
Butano	45,790	49,675
Gasolina	43,950	46,885
Hidrógeno	120,011	141,853

Se puede apreciar que el hidrógeno tiene un Poder calorífico aproximadamente tres veces mayor a la gasolina, gas natural, gas butano y propano; combustibles fósiles de mayor uso en el mundo. Para los biocombustibles como el etanol y metanol está aproximadamente seis veces arriba del poder calorífico y claro, también de la forma en que es producido.

### 3. CONCLUSIONES

Es importante indicar que el prototipo se encuentra en registro de patente y se espera que éste año se otorgue la patente por el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial, es por ello que no se presenta un análisis a profundidad ni la validación del diseño.

La celda de combustible de orina diseñada y construida para la producción de hidrógeno, que a su vez se usará como biogás en motores de combustión interna, estufas de gas, calentadores de agua, y otras aplicaciones; tiene las siguientes ventajas:

Con la CCO se evita almacenar hidrógeno en tanques bajo presión, ya que el hidrógeno permanece en la orina hasta que vaya a ser utilizado. A diferencia de otros países, el hidrógeno se almacena en un tanque bajo presión, almacenar hidrógeno es peligroso por ser un gas altamente inflamable.

Al sustituir los combustibles fósiles y biocombustibles por el hidrógeno se obtiene una quema del combustible más limpia y eficiente. Contando que el hidrógeno tiene un poder calorífico mayor a todos ellos y la forma de obtención de este biogás es menos costoso y de fácil acceso a toda persona.

### 4. TRABAJOS FUTUROS

La celda de combustible de orina está en el punto experimental de producción de gases, por lo tanto y para cuestiones de futuras tesis y/o trabajos de investigación se pudiesen comentar los siguientes: Espectrometría de la orina depositada en la CCO después de la electrólisis, Cromatografía de los gases producidos, Diseño de sistemas para la recolección de la orina, entre otros.

### REFERENCIAS

- G. Luna-Sandoval, E. Jiménez-López, U. Luna-Rodríguez, R. Zepeda-González, M. Santacruz-Tirado, L. H. Hernández-Gómez, N. Luna-Acosta, Reverse Engineering Use in the Development of a Cell-Based Hydrogen Urine, *International Journal of Mechatronics Design and Applications*, Vol. 2(1), pp. 9 – 16, January 2013.
- Geiger, Stefan y Cropper, Mark. Fuel Cell Market Survey: Small Stationary Applications. *Fuel Cell Today*, 30 de Julio, 2003.
- J. Tibaquirá, D. Posner, "Diseño y construcción de una celda de combustible tipo membrana de intercambio protónico", *Scientia et Technica*, Año XV, No 42, Agosto de 2009. Universidad Tecnológica de Pereira. ISSN 0122-1701 75.
- V. Mehta, J. Cooper. "Review and analysis of PEM fuel cell design and manufacturing", *Journal of Power Sources*.
- J. Barranco, A.R. Pierna, "Bifunctional amorphous alloys more tolerant to carbon monoxide". *Journal of Power Sources*, Volume 169, Issue 1, 10 June 2007, Pages 71-76.
- U. Cano. "Las celdas de combustible: verdades sobre la generación de electricidad limpia y eficiente vía electroquímica", *Boletín IIE*.
- G. Luna-Sandoval, et al., "Fuel cells using urine as a natural electrolyte: clean energy alternative's new way for hydrogen fuel", XX International Materials Research Congress. 2011. Cancún, Mex.
- G. Luna-Sandoval, "Mexican Space Agency supports fuel cell innovation". *Space Safety Magazine*, Issue 3 Spring 2012, pp 22. <http://www.spacesafetymagazine.com/2012/03/15/mexican-space-agency-supports-fuel-cell-innovation/>
- J. Larminie, "Fuel Cell Systems Explained", 2nd ed., Ed. John Wiley & Sons Ltd, 2003, pp. 1–14.

### **Authorization and Disclaimer**

*Authors authorize LACCEI to publish the paper in the conference proceedings. Neither LACCEI nor the editors are responsible either for the content or for the implications of what is expressed in the paper.*