



Determinación de la capacidad de producción de energía eléctrica utilizando celdas de combustible a base de hidrogeno

Alexander Ramírez Cruz, Fernando Juan Ocaña Pimentel, Lilia Alejandra Alvarado Delfín, Manuel Cornelio Torres maza

Instituto Tecnológico Superior de Pánuco.
ing.ramirezalex@gmail.com

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se enfoca en el uso de celdas de combustible a base de hidrógeno, como una tecnología que genera energía eléctrica que no produce daños al medio ambiente y cuya aplicación en esta rama es muy poco conocida.

La tecnología de las celdas de combustible a base de hidrógeno es una alternativa a los métodos actuales para la generación de electricidad, siendo las industrias termoeléctricas la que más contamina nuestro planeta por medio de la emisión de óxidos de nitrógeno, dióxido de carbono, bióxido de azufre entre otras y que contribuyen a la lluvia acida, smog y aceleran el cambio climático ^[1].

Las celdas de combustible ofrecen un panorama diferente al de las industrias actuales para la producción de energía eléctrica, en donde los problemas de contaminación sean resueltos y los requerimientos de energía eléctrica satisfechos permanentemente, sin causar daños al medio ambiente y que además es un sistema económico ^[2].

Mediante la combustión del hidrogeno y el oxígeno en la celda de combustible no se generan emisiones que dañen al medio ambiente sino que producen energía eléctrica y como subproducto agua, las celdas de combustible son la tecnología energética del futuro no solo para originar energía eléctrica, sino para sustituir a los combustibles fósiles en autos, aviones, etc.

OBJETIVOS

El objetivo general del proyecto es generar energía eléctrica utilizando celdas de combustible a base de hidrógeno y analizar la capacidad de producción del equipo.

DESARROLLO Y RESULTADOS DE LOS PROCEDIMIENTOS

Para la obtención de hidrogeno (H_2) se realizó una investigación para determinar porque método es el más favorable su obtención, actualmente la generación de hidrógeno es por medio de gas natural, petróleo y carbón, dichos métodos no son amigables con el medio ambiente ya que son combustibles fósiles y mediante su

producción genera además del hidrogeno (H_2) monóxido de carbono (CO) el cual es un gas incoloro y altamente toxico que puede causar la muerte ^[2] ^[3].

La electrólisis del agua es un método alternativo para la producción del Hidrógeno el cual necesita electricidad para separar el oxígeno (O) y el hidrógeno (H_2), pero que debido a la utilización de energía eléctrica se vuelve redundante ya que en el proceso de la energía eléctrica actualmente depende de los combustibles fósiles y el proceso termina siendo igual de contaminante ^[2] ^[4].

A continuación se muestra en la tabla1 la comparativa de 3 técnicas para la producción de H_2 .

Tabla 1. COMPARACION DE LAS DIFERENTES TECNICAS PARA LA PRODUCCIÓN DE H₂

Técnica	Materiales a utilizar	Análisis de materiales a utilizar	Resultado de la reacción de los materiales	Análisis de los materiales obtenidos	Ventajas y desventajas
1	Formula: $Zn + HCL$ > Zinc > Ácido clorhídrico	> Zinc: en exceso produce daños en humanos animales, suelo y agua ^[5] . > Ácido clorhídrico es corrosivo y toxico ^{[6] [7]} .	Formula: $= ZnCl_2 + H_2$ Reacción de Zinc + Ácido clorhídrico obtiene como resultado ^[8] : > Cloruro de Zinc > Hidrogeno	> Cloruro de zinc: Corrosivo, toxico y peligroso para el medio ambiente ^[9] .	Ventaja: Buena producción de H ₂ Desventaja: Subproducto cloruro de zinc muy peligroso para la salud y medio ambiente
2	Formula: $Mg + HCL$ >Magnesio > Ácido clorhídrico	> Magnesio: Baja toxicidad y no considerado como peligroso para la salud ^[10] . > Ácido clorhídrico: corrosivo y toxico ^{[6] [7]} .	Formula: $= MgCl_2 + H_2$ Reacción de Magnesio + Ácido clorhídrico obtiene como resultado ^[11] : > Cloruro de magnesio > Hidrogeno	> Cloruro de magnesio: Relativamente existe la probabilidad de riesgo mínimo ^[12] .	Ventaja: Técnica amigable con el medio ambiente para la obtención de H ₂ . Desventaja: Se requiere de grandes cantidades de materiales para producir H ₂ .
3	Formula: $H_2O + NaOH + AL$ > Agua > Hidróxido de sodio > Aluminio	> Agua: No toxica, no es perjudicial para la salud ni para el medio ambiente ^[13] . > Hidróxido de sodio: Corrosivo, toxicidad para la vida marina y baja para los humanos ^{[6] [14]} . > Aluminio: toxico en altas concentraciones para el suelo y vida marina, ligeramente	Formula: $= AL_2O_3 + 3H_2$ Reacción de Agua + Hidróxido de sodio + Aluminio produce ^[15] : > Aluminato de sodio > Hidrogeno	> Aluminato de sodio: Muy peligroso para la salud, corrosivo y toxico para la vida marina ^[16] .	Ventaja: Buena producción de H ₂ . Desventaja: Subproducto Aluminato de sodio es muy peligroso para la salud y para el medio ambiente, además de ser un material inestable en caso de calentamiento.

		toxico para los humanos.			
--	--	--------------------------	--	--	--

La producción de Hidrógeno es más ecológico mediante la reacción del Zinc con el Ácido Clorhídrico pero el precio de los materiales es muy elevado, por lo cual para este proyecto no lo hace factible.

La producción de Hidrógeno mediante la reacción química del agua, hidróxido de sodio y aluminio por el precio de los materiales es muy bajo, lo cual lo hace posible para la obtención de Hidrógeno.

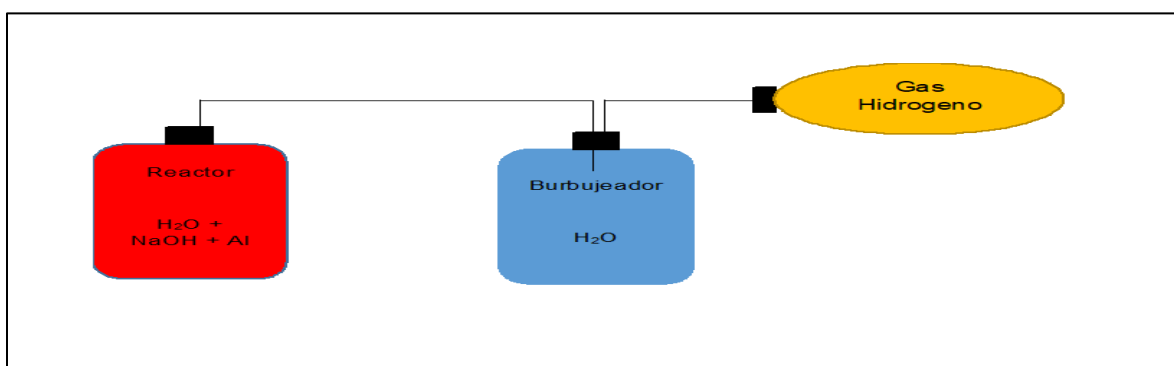


Figura 1. Ilustración de la obtención de Hidrogeno y su almacenamiento.

En la figura 1 se muestra una ilustración de como en dos recipientes de material PET se puede hacer la producción de hidrogeno (H_2) utilizando uno al cual se conoce como reactor por ser en donde se produce la combinación de Agua, hidróxido de sodio (sosa caustica) y aluminio, al segundo recipiente es el burbujeador el cual es llenado únicamente con agua destilada, dicho recipiente cumple la tarea de lavar el hidrógeno de partículas e impurezas que pudiera llevar consigo después de su salida del reactor. Posteriormente el hidrógeno se almacena en el recipiente almacén a base de látex para su próximo uso.

Se comprobó mediante la experimentación que el látex es un buen material para el almacenamiento de hidrógeno gaseoso. Se observó que el recipiente de látex de baja porosidad en donde se almaceno el hidrógeno no experimento cambios en volumen y tamaño.

EXPERIMENTACIÓN CON CELDAS DE COMBUSTIBLE TIPO PEM

Se trabajó con 10 celdas de combustible tipo PEM (membrana de intercambio protónico) las cuales utilizan oxígeno e hidrógeno como componentes principales para la producción de energía eléctrica, mostrado en la figura 2. Las celdas de combustible se conectaron en serie y paralelo conectando 2, 4, 8 y 10, poniendo cargas de 200 Ω , 100 Ω , 50 Ω , 10 Ω , 5 Ω , 3 Ω y 1 Ω sucesivamente para observar el voltaje y amperaje, así mismo verificar si aumentaban de acuerdo al aumento de celdas de combustible en el arreglo que se realizaba y así determinar cuál arreglo es el recomendable.

Figura 2. Conexión de 10 celdas de combustible.



En la tabla 2 se muestra la lectura de las celdas de combustible sometidas a diferentes cargas para posteriormente realizar las observaciones correspondientes.

Tabla 2. Lecturas de celdas de combustible conectadas en serie sometidas a diferentes cargas.

LECTURA DE CELDAS DE COMBUSTIBLE CON CONEXIÓN EN SERIE								
Carga	2 CELDAS DE COMBUSTIBLE		4 CELDAS DE COMBUSTIBLE		8 CELDAS DE COMBUSTIBLE		10 CELDAS DE COMBUSTIBLE	
	Amperaje (miliampers)	Voltaje	Amperaje (miliampers)	Voltaje	Amperaje (miliampers)	Voltaje	Amperaje (miliampers)	Voltaje
200 Ω	7	1.52	14	2.99	25	4.7	31	6.34
100 Ω	14	1.42	26	2.71	49	5	56	5.92
50 Ω	27	1.33	48	2.42	86	4.35	102	5.12
10 Ω	97	1.01	152	1.61	150	1.3	120	1.25
5 Ω	146	0.82	192	1.14	123	0.65	130	0.81

3 Ω	191	0.64	184	0.71	114	0.41	134	0.48
1 Ω	214	0.32	194	0.35	122	0.23	143	0.26

La lectura de las celdas de combustible conectadas en serie experimenta un aumento en su voltaje y amperaje casi proporcional de acuerdo a los diferentes arreglos ya sea con 2, 4, 8 y 10 celdas.

El amperaje y voltaje de las celdas de combustible conectadas en serie con carga de 10 Ω , 5 Ω , 3 Ω , y 1 Ω presentaron una variación no proporcional que pudo deberse a la presión de los gases, lo cual pudo ser el factor para que no registrara una lectura proporcional ascendente esperada.

La conexión en serie de las celdas de combustible es viable debido a que conforme se van añadiendo celdas de combustible a la conexión en serie aumenta el amperaje y voltaje gradualmente lo que quiere decir que la conexión en serie es apta para aumentar las demandas de energía eléctrica.

En la tabla 3 se muestran las lecturas de las celdas de combustible con conexión en paralelo sometidas a diferentes cargas para su posterior observación.

Tabla 3. Lecturas de celdas de combustible conectadas en paralelo.

LECTURA DE CELDAS DE COMBUSTIBLE CON CONEXIÓN EN PARALELO								
Carga	2 CELDAS DE COMBUSTIBLE		4 CELDAS DE COMBUSTIBLE		8 CELDAS DE COMBUSTIBLE		10 CELDAS DE COMBUSTIBLE	
	Amperaje (miliampers)	Voltaje	Amperaje (miliampers)	Voltaje	Amperaje (miliampers)	Voltaje	Amperaje (miliampers)	Voltaje
200 Ω	4	0.76	4	0.86	4	0.82	4	0.84
100 Ω	7	0.74	8	0.78	8	0.79	8	0.83
50 Ω	14	0.71	15	0.76	16	0.78	16	0.81
10 Ω	58	0.6	65	0.69	68	0.71	72	0.75
5 Ω	92	0.5	109	0.64	110	0.67	128	0.71
3 Ω	100	0.46	156	0.6	169	0.63	190	0.67
1 Ω	183	0.3	284	0.51	336	0.52	366	0.57

Las celdas de combustible sometidas a cargas de 200 Ω , 100 Ω , 50 Ω , 10 Ω , 5 Ω , 3 Ω y 1 Ω experimentan un cambio el cual no es proporcional ya que no hay una considerable variación en el voltaje y amperaje de la conexión que se tiene con 2 celdas que a la que se tiene con 10 celdas de combustible.

La conexión en paralelo de las celdas de combustible no es viable debido a que si se conectan 2, 4, 8 y 10 no hay gran diferencia ya que el voltaje y el amperaje es relativamente igual al que se tiene con dos celdas de combustible sometido a diferentes cargas, es decir el voltaje y el amperaje no aumentan en conexión en paralelo.

CONCLUSIÓN

Las celdas de combustible tipo PEM son consideradas de gran ayuda para contribuir en la producción de energía eléctrica limpia cuidando de medio ambiente. Los inconvenientes que se pueden tener en la utilización de las celdas de combustible es que se debe contar con un tanque adecuado para el almacenamiento de hidrógeno, el cual debe contar con características especiales por ser un gas muy permeable, pero que no es dañino para el medio ambiente. Actualmente se están produciendo tanques para el almacenamiento del hidrógeno pero su precio es muy alto, con las experimentaciones realizadas se obtuvo como resultado utilizar como almacén para el hidrógeno el material látex.

Cabe recordar que según los experimentos realizados con las celdas de combustible para obtener óptimos resultados es recomendable utilizar la conexión en serie

LITERATURA CONSULTADA

- [1] Lopez Perez, P. Microbiología de la producción de hidrogeno. Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias, Vol.8, N°2, 2011. Pp. 201-204. ISSN 1697-011X
- [2] Cruz, L. E. (12 de Febrero de 2012). *CONUEE*. Obtenido de CONUEE: www.conuee.gob.mx
- [3] EPA. (16 de Junio de 2017). *Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos*. Obtenido de Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos: <https://espanol.epa.gov/cai/monoxido-de-carbono>
- [4] INEGI. (1 de ENERO de 2009). *INEGI Sensos Economicos*. Obtenido de INEGI Sensos Economicos: <http://cuentame.inegi.org.mx/economia/parque/electricidad.html>
- [5] LENNTECH. (12 de Marzo de 2015). *Propiedades químicas del zinc*. Obtenido de Propiedades químicas del zinc: <https://www.lenntech.es/periodica/elementos/zn.htm>
- [6] Mas, M. A. (18 de Mayo de 2009). *Medio ambiente y mas*. Obtenido de Medio ambiente y mas: <https://medioambienteymas.blogia.com/temas/la-contaminacion/>
- [7] Conde, D. (2 de Enero de 2012). Hoja de seguridad del ácido clorhídrico. Coruña, España. Obtenido de Hoja de seguridad del ácido clorhídrico.
- [8] Sanchez, J. L. (19 de Enero de 2013). *Prácticas de laboratorio, teoría y problemas de física y química*. Obtenido de Prácticas de laboratorio, teoría y problemas de física y química: <http://juliolarrodera.blogspot.com/2013/01/reaccion-del-zinc-con-el-acido.html>
- [9] Química, V. (22 de Octubre de 2013). *Ficha de datos de seguridad*. Obtenido de Ficha de datos de seguridad: https://www.vadequimica.com/media/catalog/product/f/s/fs-cloruro_de_zinc.pdf
- [10] Usuriaga, V. (2 de Mayo de 2015). *Literatura química*. Obtenido de Literatura química: <http://literaturaquimicaelmagnesio.blogspot.com/2015/05/cuales-son-los-efectos-medio.html>

[11] Granada, U. d. (22 de Abril de 2012). *Laboratorio de química*. Obtenido de Laboratorio de química: https://www.ugr.es/~laboratoriodequimica/practicas_II/6_2_practica.htm

[12] Zimmermann, D. (18 de Julio de 2017). *Muy Fitness*. Obtenido de Muy Fitness: https://muyfitness.com/peligros-del-cloruro-de-magnesio_13148532/1/

[13] Agua.Org. (12 de Mayo de 2015). *Agua.Org*. Obtenido de Agua.Org: <https://agua.org.mx/que-es/>

[14] Scientific, C. (1 de Junio de 2018). Hoja de seguridad de hidroxido de sodio. Monterrey, Nuevo Leon, México.

[15] Aficionados, C. (12 de Agosto de 2006). *Cientificos Aficionados*. Obtenido de Cientificos Aficionados: <http://www.cientificosaficionados.com/experimentos/obtencion%20de%20hidrogeno.htm>

[16] PIMA, Q. (16 de Enero de 2015). Hoja de datos de seguridad de materiales: Aluminato de sodio. Hermosillo, Sonora, México.