

CARACTERIZACIÓN CELDA DE HIDROGENO DE LA UNIVERSIDAD ECCI

**YEISSON ANDRES HUERFANO VELEZ
JUAN DAVID BOHORQUEZ DIAZ
JHON FREDY HERNANDEZ LLANOS**

**UNIVERSIDAD ECCI
FACULTAD DE ING MECANICA
BOGOTÁ, D.C.
2015**

CARACTERIZACIÓN CELDA DE HIDROGENO DE LA UNIVERSIDAD ECCI

**YEISSON ANDRES HUERFANO VELEZ
JUAN DAVID BOHORQUEZ DIAZ
JHON FREDY HERNANDEZ LLANOS**

Anteproyecto de Investigación

**DOCENTE UTP
ING.MARCELO CORONADO**

**DOCENTE UNIVERSIDAD ECCI
ING. ANDRES GAONA**

**UNIVERSIDAD ECCI
FACULTAD DE ING MECANICA
PROGRAMA INGENIERIA MECANICA
BOGOTÁ D.C.
2015**

TABLA DE CONTENIDO

1. TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN.....	4
2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	4
2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	4
2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	4
3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
3.1. OBJETIVO GENERAL	5
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	5
4. JUSTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	6
4.1. JUSTIFICACIÓN	6
4.2. DELIMITACIÓN.....	6
5. MARCO DE REFERENCIA DE LA INVESTIGACIÓN	7
5.1 MARCO CONCEPTUAL.....	9
6. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	16
7. DISEÑO METODOLÓGICO	16
8. RECURSOS	18
9. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.....	19
10. CONCLUSIONES.....	26
11. REFERENCIAS (BIBLIOGRAFÍA).....	27

1. TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN

CARACTERIZACIÓN CELDA DE HIDROGENO DE LA UNIVERSIDAD ECCI

2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Basados en el crecimiento del pensamiento ambientalista y el surgimiento de nuevos proyectos para detener el calentamiento global y dentro de ellos la búsqueda intensa para encontrar una nueva alternativa y dejar atrás el uso de combustibles fósiles, que son el principal factor de contaminación actualmente, y evolucionar a una nueva etapa de aprovechamiento de los recursos sin generar un daño al planeta. Se ha venido estudiando el Hidrogeno por muchos años ya que es una excelente alternativa para reemplazar los combustibles fósiles en los motores de combustión interna. En la actualidad ya existen proyectos y avances en este tema, por tal motivo este trabajo se basa en la generación de dicho elemento por medio del sistema de celdas de Hidrogeno de placas aprovechando los recursos disponibles en la Universidad.

2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Aprovechando la celda de hidrogeno de la universidad estudiaremos los principios de funcionamiento de las celdas de hidrogeno de placas. Y con esto realizar una caracterización de la misma en cuanto a su construcción, materiales de fabricación, cálculos de diseño, eficiencia basados en la fabricación de la curva de caudal generado vs el amperaje consumido.

3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. OBJETIVO GENERAL

Caracterizar la celda de hidrogeno de placas instalada en el taller de inyección a un motor de Chevrolet aveo 1,6.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Realizar una revisión bibliográfica de las características del hidrogeno y sus aplicaciones basándonos en el aprovechamiento en motores de combustión y realizar una revisión bibliográfica de la producción de hidrogeno.
2. Realizar una práctica de reconocimiento de la celda de hidrogeno de la universidad, revisando la tesis de la misma.
3. Generar la curva de Q vs A de la celda de la universidad.
4. Realizar una ficha de caracterización de la celda con los datos recolectados.

4. JUSTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. JUSTIFICACIÓN

Este proyecto permitirá dar continuidad al proyecto elaborado anteriormente por un estudiante de la universidad ECCI, complementando puntos que no fueron abarcados en su momento como la eficiencia real de la celda en la producción de hidrogeno, profundizando en sus cálculos de diseño y generando una ficha de caracterización de la celda para que los estudiantes que tengan contacto con ella durante el desarrollo de su carrera conozcan sus características de una manera más enfocada al concepto de ingeniería.

Este proyecto podrá dar paso a nuevos proyectos de investigación como encontrar la manera de aumentar su eficiencia o quizás la generación de nuevas aplicaciones de uso para el hidrogeno producido por la celda.

4.2. DELIMITACIÓN

El proyecto se limita a la caracterización de la celda de hidrogeno de la universidad ECCI dando como resultado una ficha técnica de la misma y su curva eficiencia de voltaje vs caudal de hidrogeno.

5. MARCO DE REFERENCIA DE LA INVESTIGACIÓN

Debido a la necesidad que se tiene actualmente por reducir el nivel de contaminantes presentes en la atmósfera que estos son los principales causantes de problemas como el efecto de invernadero, la variación de los regímenes climatológicos , entre otros que están afectando seriamente a la humanidad, surge la necesidad de buscar nuevas soluciones que contribuyan al mejoramiento de estos problemas sin recurrir a limitaciones en la producción de energía, ya que esto implicaría un retraso tanto en el desarrollo económico, cultural, tecnológico como en el investigativo de nuestro país.

Teniendo en cuenta que los beneficios e intereses de la energía alternativa como solución energética van más allá de la reducción de costos únicamente, se presenta además que el mayor uso de estas brindan, la oportunidad de reducir la dependencia con los combustibles fósiles como también de disminuir la contaminación ambiental, debido a que causa un efecto notablemente menor sobre el medio ambiente.

De lo expuesto anteriormente se llega a la conclusión de que una buena solución se encuentra en cambiar de base energética utilizando un combustible con el cual se puedan eliminar o reducir notablemente las emisiones de contaminantes a la atmósfera y esto es precisamente lo que se lograría con el uso de una fuente alterna de energía. El combustible que se propone como solución es el hidrógeno.

Se ha seleccionado al hidrógeno como el combustible que puede dar solución a dichos problemas debido a:

- El hidrógeno cuya base de obtención es el agua, es muy abundante y puede ser utilizado tanto en países energéticamente pobres como en los ricos. El petróleo crudo y el gas natural son abastecedores de energía limitados.
- El hidrógeno puede ser utilizado como recurso energético.
- El hidrógeno puede sustituir a los combustibles utilizados actualmente.

- Los productos de combustión son considerados no contaminantes o contaminantes en muy bajo grado.
- Este es un proyecto de bajos costos y competitivo.
- Presenta una mejor utilización de los recursos, esto se sustenta con el ejemplo que se presenta a continuación.
- La energía acumulada en 1 Ton de carbón convertida a gasolina hace que un en vehículo recorra 708.1 Km.
- La energía acumulada en 1 Ton de carbón convertida a electricidad hace que en un vehículo recorra 772.5 Km.
- La energía acumulada en 1 Ton de carbón convertida a metanol hace que un en vehículo recorra 836.8 Km.
- La energía acumulada en 1 Ton de carbón convertida a hidrógeno hace que un en vehículo recorra 1030 Km.
- Existe la necesidad de adoptar otras fuentes de energía además de la electricidad para suplir las deficiencias en el sector del transporte; el hidrógeno es una fuente energética que puede cumplir con tal fin.
- El hidrógeno es una fuente de energía que puede ser almacenada, transmitida y utilizada para las necesidades energéticas del presente y del futuro.

5.1 MARCO CONCEPTUAL

Hidrogeno

El hidrogeno es un elemento muy simple, es un gas incoloro e inodoro, una de sus características es que arde con una llama de color azul que también desprende energía, es 14 veces más liviano que el aire y por este motivo antes se llenaban las grandes aeronaves o los conocidos zepelines, esto desemboco una de las peores desgracias de la aviación el dirigible Hindenburg que tenía en su interior 200.000 m³ de hidrogeno ardió en llamas el 6 de mayo de 1937. Como en todos los incendios este libero una gran cantidad de energía térmica esto demostró la gran energía que refleja la combustión del hidrogeno pero a su vez este hecho hizo que el hidrogeno tomara una muy mala reputación como un gas explosivo y demasiado peligroso.

Sin embargo ya con esta mala reputación adquirida el hidrogeno es visto por otras personas como una fuente de energía con enormes ventajas, es ecológico y lo mejor es que se encuentra en cantidades ilimitadas dado que es parte del agua que nos rodea.

El hidrogeno seria y puede llegar hacer el combustible ideal pero hay otra serie de inconvenientes, a presión y temperatura ambiente normales 1 kilogramo de hidrogeno ocupa 11m³, por ende se necesitarían que tener enormes contenedores y en el caso de los vehículos tendrían que estar equipados con tanques exageradamente grandes y esto no es una opción viable.

En el momento existen 3 soluciones a este problema

1. La primera es comprimir y almacenar en recipientes de alta presión.

En estos recipientes hay presiones demasiado altas de hasta 700 bar lo que es un gran desafío técnico estos son fabricados en acero o en materiales de metal fibra pero seguirían siendo muy grandes lo cual no sería tan viable.

2. La segunda es hacer el nitrógeno líquido y almacenarlo a temperaturas de -253 °C estos tanques serían más ligeros a pesar de los aislantes térmicos necesarios que los tanques de presión y se podrían emplearse en los vehículos.

3. Esta última forma fue propuesta estudiada pero no sería muy viable, consiste en almacenar el hidrogeno a alta presión en metales o en carbón, pero el problema es que el hidruro de metal solo puede absorber una pequeña cantidad de hidrogeno.

Por otra parte hay que diferenciar entre almacenamientos estacionarios, móviles y portátiles.

Los estacionarios son los que no pueden moverse los cuales encontramos en las estaciones de repostaje de hidrogeno y los móviles en los tanques de cohetes y automóviles de hidrogeno, otra categoría por decirlo de alguna manera serían los dispositivos portátiles que son pequeños depósitos de hidrogeno para computadores portátiles o dispositivos inalámbricos que funcionan con las llamadas células de combustible de hidrogeno.

Producción de hidrogeno mediante electrolisis

La electrolisis es el proceso de descomposición de una sustancia por medio de la electricidad. La palabra electrólisis significa "destrucción por la electricidad". La mayoría de los compuestos inorgánicos y algunos de los orgánicos se ionizan al fundirse o cuando se disuelven en agua u otros líquidos; es decir, sus moléculas se disocian en especies químicas cargadas positiva y negativamente que tienen la propiedad de conducir la corriente eléctrica. Si se coloca un par de electrodos dentro de una solución de electrolito y se conecta una fuente de corriente continua entre ellos, los iones positivos de la solución se mueven hacia el electrodo negativo y los iones negativos hacia el positivo. Al llegar a los electrodos, los iones pueden ganar o perder electrones y transformarse en átomos neutros o moléculas; la naturaleza de las reacciones del electrodo depende de la diferencia de potencial o voltaje aplicado.

Al aplicar una diferencia de potencial eléctrica a dos electrodos dentro de una solución caustica, los iones oxigeno se mueven hacia el electrodo negativo, se descargan y se depositan en el electrodo como átomos de oxígeno. Los iones hidrogeno se descargan a su vez en el electrodo positivo como átomos de hidrógeno.

Descripción

Se llena un recipiente de agua en el que hay dos electrodos sumergidos hechos de un material conductor, se aplica una tensión eléctrica a los electrodos, de manera que uno se cargue positivamente y el otro negativamente la tensión debe tener un voltaje mayor a 1.23 VOLTIOS, al tener este voltaje el agua se divide en sus componentes hidrogeno y oxigeno quedando acumulado en el electrodo positivo “ánodo” el oxígeno y en el electrodo negativo “cátodo” el esperado hidrogeno.

La electrolisis es el proceso de descomposición de una sustancia por medio de la electricidad. La palabra electrólisis significa "destrucción por la electricidad". La mayoría de los compuestos inorgánicos y algunos de los orgánicos se ionizan al fundirse o cuando se disuelven en agua u otros líquidos; es decir, sus moléculas se disocian en especies químicas cargadas positiva y negativamente que tienen la propiedad de conducir la corriente eléctrica. Si se coloca un par de electrodos dentro de una solución de electrolito (compuesto ionizable) y se conecta una fuente de corriente continua entre ellos, los iones positivos de la solución se mueven hacia el electrodo negativo y los iones negativos hacia el positivo. Al llegar a los electrodos, los iones pueden ganar o perder electrones y transformarse en átomos neutros o moléculas; la naturaleza de las reacciones del electrodo depende de la diferencia de potencial o voltaje aplicado. Al aplicar una diferencia de potencial eléctrica a dos electrodos dentro de una solución caustica, los iones oxigeno se mueven hacia el electrodo negativo, se descargan y se depositan en el electrodo como átomos de oxígeno. Los iones hidrogeno se descargan a su vez en el electrodo positivo como átomos de hidrógeno.

Celda de combustible

En principio, una celda de combustible opera como una batería. Genera electricidad Combinando hidrógeno y oxígeno electroquímicamente sin ninguna combustión, a diferencia de las baterías, una celda de combustible no se agota ni requiere recarga.

Producirá energía en forma de electricidad y calor mientras se le provea de combustible y el único subproducto que se genera es agua 100% pura.

Una celda de combustible consiste en dos electrodos separados por un electrólito, oxígeno pasa sobre un electrodo e hidrógeno sobre el otro, cuando el hidrógeno es ionizado pierde un electrón y al ocurrir esto ambos (hidrógeno y electrón) toman diferentes caminos hacia el segundo electrodo, el hidrógeno migra hacia el otro electrodo a través del electrólito mientras que el electrón lo hace a través de un material conductor. Este proceso producirá agua, corriente eléctrica y calor útil, para generar cantidades utilizables de corriente las celdas de combustibles son "amontonadas" en un emparedado de varias capas.

Las celdas de combustible son una familia de tecnologías que usan diferentes electrólitos y que operan a diferentes temperaturas.

Las celdas de combustible de membrana eléctrica polimérica han demostrado ser apropiadas para su aplicación en autos, mientras que las celdas de combustible de carbonatos fundidos parecen ser más apropiadas para uso con turbinas a gas.

El hidrógeno como combustible para el transporte

Por más de un siglo el hidrógeno se ha considerado como un combustible conveniente y limpio. Puesto que puede obtenerse de una diversa gama de fuentes domésticas, el hidrógeno podría reducir los costos económicos, políticos y ambientales de los sistemas de energía. Por otra parte, en áreas urbanas, a causa de la contaminación del aire, los costos relacionados con la preservación de la salud son un problema creciente, tanto para las sociedades desarrolladas como las que se encuentran en vías de desarrollo. En el largo plazo, el hidrógeno obtenido de fuentes renovables ofrece un potencial de energía que sería sostenible en todos sentidos.

El hidrógeno es un portador de energía como la electricidad y puede producirse a partir de una amplia variedad de fuentes de energía tales como: el gas natural, el carbón, la biomasa, el agua, etc., así como de las aguas negras, de los residuos sólidos, llantas y desechos de petróleo. Las ventajas y desventajas del hidrógeno derivan de sus propiedades físicas básicas. La molécula de hidrógeno es la más ligera, la más

pequeña y está entre las moléculas más simples, además, es relativamente estable. El hidrógeno tiene más alto contenido de energía por unidad de peso que cualquier otro combustible y, en caso de accidente, se dispersaría rápidamente. También permite la combustión a altas relaciones de compresión y altas eficiencias en máquinas de combustión interna. Cuando se le combina con el oxígeno en celdas de combustible electroquímicas, el hidrógeno puede producir electricidad directamente, rebasando los límites de eficiencia del ciclo de Carnot obtenidos actualmente en plantas generadoras de potencia. Como desventajas, el hidrógeno tiene una temperatura de licuefacción extremadamente baja (20 K) y una energía muy baja por unidad de volumen como gas o como líquido (más o menos una tercera parte de la del gas natural o gasolina, respectivamente). Otras desventajas son: la obtención del hidrógeno líquido requiere de un proceso altamente consumidor de energía, el transporte de hidrógeno gaseoso por ductos es menos eficiente que para otros gases, los contenedores para su almacenaje son grandes y el almacenamiento de cantidades adecuadas de hidrógeno a bordo de un vehículo todavía representa un problema significativo. El hidrógeno no es tóxico y no es contaminante, pero es difícil de detectar sin sensores adecuados ya que es incoloro, inodoro y su flama en el aire es casi invisible. Por numerosas razones, el punto de introducción para la energía con base en el hidrógeno es el sector transporte. Los consumidores pagan considerablemente mucho más por la energía utilizada en el transporte que por la electricidad o el gas empleado para fines domésticos (esta relación podría ser, conservadoramente, hasta de 8 a 1 para una familia de clase media). Más aún, el sector transporte tiene también un gran potencial de ganancias por eficiencia de combustible. En efecto, la eficiencia de los automóviles modernos es de alrededor del 13 por ciento durante el ciclo de manejo urbano, en tanto que los vehículos a hidrógeno, ya sean híbrido eléctricos o de celdas de combustible, podrían alcanzar eficiencias del orden de entre 35 y 45 por ciento. Los vehículos impulsados por hidrógeno también pueden cumplir con la demanda creciente de bajas o cero emisiones. En diferentes países industrializados se está llevando a cabo investigaciones para el uso del hidrogeno

El hidrogeno producido disociando el agua con energía fotovoltaica o eólica es un combustible limpio que almacena la energía en forma química. El transporte de hidrógeno resulta, en principio, más barato que el de la electricidad; en virtud de ello, el empleo del hidrógeno constituye un atractivo método de transportar la energía solar hasta los principales centros de su demanda.

Electrólisis:

Es un proceso que consiste en la descomposición del agua a través de la utilización de la electricidad. Este proceso industrial tiene sus ventajas, pues es fácilmente adaptable ya sea para grandes o pequeñas cantidades de gas, consiguiéndose un hidrógeno de gran pureza. La electrolisis también posee la ventaja de poder combinarse y relacionarse de manera óptima con las energías renovables con el fin de producir H₂.

Es un sistema que básicamente está conformado por láminas de acero inoxidable, un contenedor, agua, un electrolito y corriente continua, el cual es capaz de generar gas hidrógeno, mediante descomposición electrolítica del agua, es llamado generador de oxihidrógeno, porque produce hidrogeno y oxigeno simultáneamente.

Tipos de generadores.

Existen varios tipos de generadores, los cuales poseen ventajas y desventajas con respecto a sí mismos, estos varían en tamaño y forma, esto influye directamente en su eficiencia, y se debe tener en cuenta en el momento que se elija un diseño apropiado para el uso que se requiera.

Generados de hidrogeno de celda seca.

Es aquel en donde las placas de acero no están completamente sumergidas en el agua, si no que por el contrario, en conjunto con las placas de acrílico y empaques de neopreno, conforman un contenedor para la solución de agua y electrolito. Tiene la gran ventaja de disipar mejor el calor, que otras celdas que se han construido.

Generador de hidrogeno de celda húmeda.

Es aquel generador en el cual las láminas de acero inoxidable, están completamente sumergidas en el agua con electrolito, y estas son introducidas en un contenedor completamente hermético, el inconveniente más notorio es que se calienta mucho cuando se realiza el proceso de electrolisis, con lo cual se genera vapor de agua, y es algo que no se desea ingresar a los cilindros de un motor, además con ello se reduciría la vida útil de los materiales que la conforman.

Electrólisis del agua

La electrólisis del agua es la descomposición de agua (H_2O) en oxígeno (O_2) y de hidrógeno gas (H_2) debido a una corriente eléctrica que pasa a través del agua por medio de un ánodo y un cátodo. La electrólisis del agua pura requiere el exceso de energía en forma de sobretensión para superar la activación de diversas barreras. Sin el exceso de energía de la electrólisis del agua pura se produce muy lentamente o nada. Esto se debe en parte a la limitada auto-ionización del agua. La eficacia de la electrólisis se incrementa a través de la adición de un electrolito (tales como sal, un ácido o una base) y el uso de electro catalizadores.

El cátodo.

Es la placa cargada negativamente, una reducción de la reacción se lleva a cabo, con los electrones (e^-) desde el cátodo está dando a los cationes de hidrógeno para formar gas hidrógeno. Cada electrodo atrae a los iones de carga opuesta. Así, los iones positivos, o cationes, son atraídos y se desplazan hacia el cátodo (electrodo negativo). Entonces como el hidrogeno posee iones negativos, este es atraído hacia el cátodo, donde se forman las burbujas de este gas, con lo cual podemos decir que en el cátodo se produce el gas de hidrogeno H_2 .

El Ánodo

Es la placa cargada positivamente, una oxidación produce la reacción, la generación de gases de oxígeno y dando electrones hacia el ánodo para completar el circuito [14]:
Oxidación en el ánodo.

Aquí los iones negativos, o aniones, son atraídos y se desplazan hacia el ánodo (electrodo positivo), aquí es donde se produce el oxígeno, ya que este posee iones negativos y es atraído hacia esta placa. Entonces en ánodo es donde se produce el oxígeno O₂. Con lo anterior se puede deducir que tanto en ánodo como el cátodo en el proceso de electrolisis, actúan como un imán, ya que atraen los átomos con carga opuesta y repelen los de igual carga, así rompiendo el enlace entre el hidrogeno y el oxígeno, formando los gases descritos anteriormente, hidrogeno (H₂) en el cátodo, y oxígeno (O₂) en el ánodo.

6. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Nuestra investigación se basa en el método descriptivo ya que caracterizaremos una celda de hidrogeno de placas ya construida, dando a conocer sus aspectos más relevantes y correlacionando sus dos variables de funcionamiento fundamental que son el amperaje consumido y el caudal generado.

7. DISEÑO METODOLÓGICO

Basados en los conocimientos adquiridos durante nuestra carrera y los conocimientos adquiridos en el seminario de energías renovables tomado en la Universidad tecnológica de Panamá, adicionalmente la dirección de nuestro tutor designado por la

universidad ECCI de Colombia y el apoyo del ingeniero catedrático de la universidad tecnológica de Panamá, buscamos realizar una excelente caracterización de la celda de hidrogeno de placas de la universidad.

Tomando como referencia la formulación del problema se realizara una investigación practica basados en la celda de la universidad, ayudados por la información suministrada por el ingeniero Marcelo Coronado y el asesoramiento del ingeniero Andrés Gaona se generara un trabajo escrito y una serie de prácticas que nos guiaran a la consecución del objetivo de investigación.

8. RECURSOS

- **Recursos humanos**

Integrantes del grupo de trabajo:

Juan David Bohórquez
Yeisson huérfano
Jhon Fredy Hernández

Tutores asignados

Tutor universidad ECCI
ING Andrés Gaona

Tutor universidad tecnológica de panamá
ING Marcelo coronado

Diseñador y personal encargado de la celda

Jorge francisco duran García
Estudiante universidad ECCI

- **Recursos físicos**

Herramientas y medidores prestados por parte de la universidad

Llaves
Rotámetro (medición en mm/min)
motor de Chevrolet aveo 1,6 cc
Préstamo de las instalaciones del laboratorio diésel

- **Recursos financieros**

Contamos con recursos propios para la compra de:

Manguera pvc flexible reforzada con nylon \$20.000
Abrazaderas plásticas \$2.000
Abrazaderas de metal \$4.000
Teflón de 0.2 mm por 1/2" \$2.500

Fabricación de:		
2 acople rosca NPT 1/8 a 3/8 espina de pescado en L		\$20.000
2 acople lineales rosca NPT 1/8 a espina de pescado 3/8		\$15.000

9. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Empezamos la ejecución de nuestro proyecto con la compra de materiales requeridos para realizar el montaje del rotámetro y un nuevo amperímetro para realizar las debidas mediciones a la ya diseñada celda generadora de hidrogeno que se encuentre en el laboratorio diésel de la universidad.

Decidimos realizar dos pruebas, una con el rotámetro instalado en el chasis del motor y la segunda con el rotámetro instalado en una superficie sin ninguna clase de movimiento ni de vibraciones, las pruebas las hicimos en la escala de amperaje de 0 a 16 amperios.

Empezamos con el ensamblaje de los acoples al rotámetro, en ensamble de las mangueras y sus debidas abrazaderas.



Ilustración 1

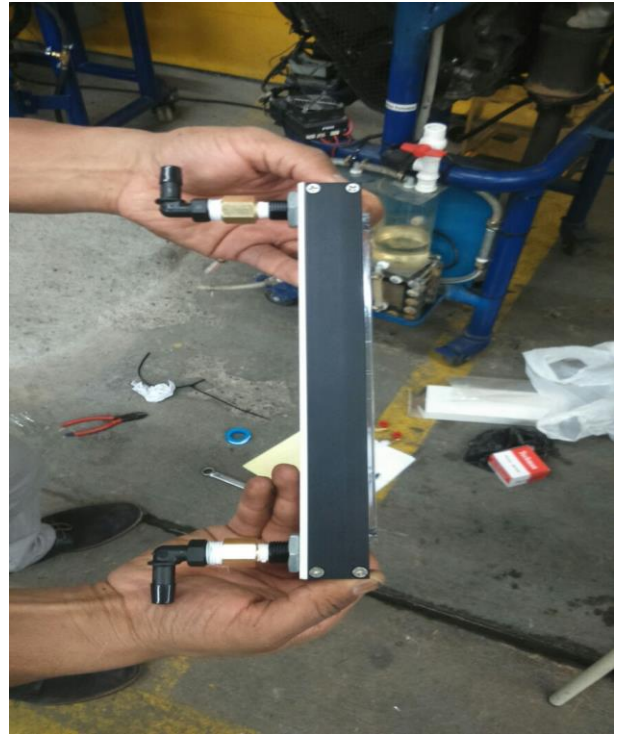


Ilustración 2

la primera prueba vimos una leve oscilación en el indicador del rotámetro puesto que estaba expuesto a las vibraciones del motor que eran constantes, cuando el vehículo estaba en ralentí y la celda no empezó a generar hidrogeno notamos que en los primeros amperios de la escala de 0 a 16 no había un cambio significativo en el rotámetro, ya a partir de los 5 amperios se empezó a evidenciar el flujo en el rotámetro empezando a variar entre 5 y 7 mm/min pero con el antecedente de las ya nombradas vibraciones del motor.



Ilustración 3



Ilustración 4

Para la variación de amperaje dimos un espacio de 2 min entre amperio y amperio que este minuto que dábamos cada vez que subíamos los amperios lo dimos porque nos dimos cuenta que este tiempo se demoraba la celda en estabilizarse con cada cambio de amperaje, este proceso lo repetimos por 16 amperios que era el máximo amperaje que resistía la celda generadora para no sobre calentarla y dañarla, el indicador del rotámetro en cada cambio de amperaje demoraba entre 15 a 20 segundos en estabilizar y darnos un dato exacto de medición, al llegar a los 16 amperios requeridos nos dimos cuenta que el caudal real fue de 256.782 ml/min de generación de hidrogeno.

Amperios	Variaciones en el intervalo de tiempo (dos minutos)					Promedio de lectura del caudal de H2	Caudal real de H2 en ml/min
	a	b	c	d	e		
0	0					0	0
1	0					0	0
2	0					0	0
3	0					0	0
4	0					0	0
5	0					0	0
6	0					0	0
7	0					0	0
8	1					1	8,66
9	2	4	5	3	4	3,6	31,176
10	8	12	8	13	15	11,2	91,544
11	15	16	15	17		15,75	110,29
12	23	25	26	24	25	24,6	151,582
13	28	30	28	30		29	174,33
14	33	34	33	34	35	33,8	200,362
15	39	40				39,5	231,655
16	43	44	43	45	44	43,8	256,782

Tabla # 1 “rotámetro instalado en el mismo chasis del motor”

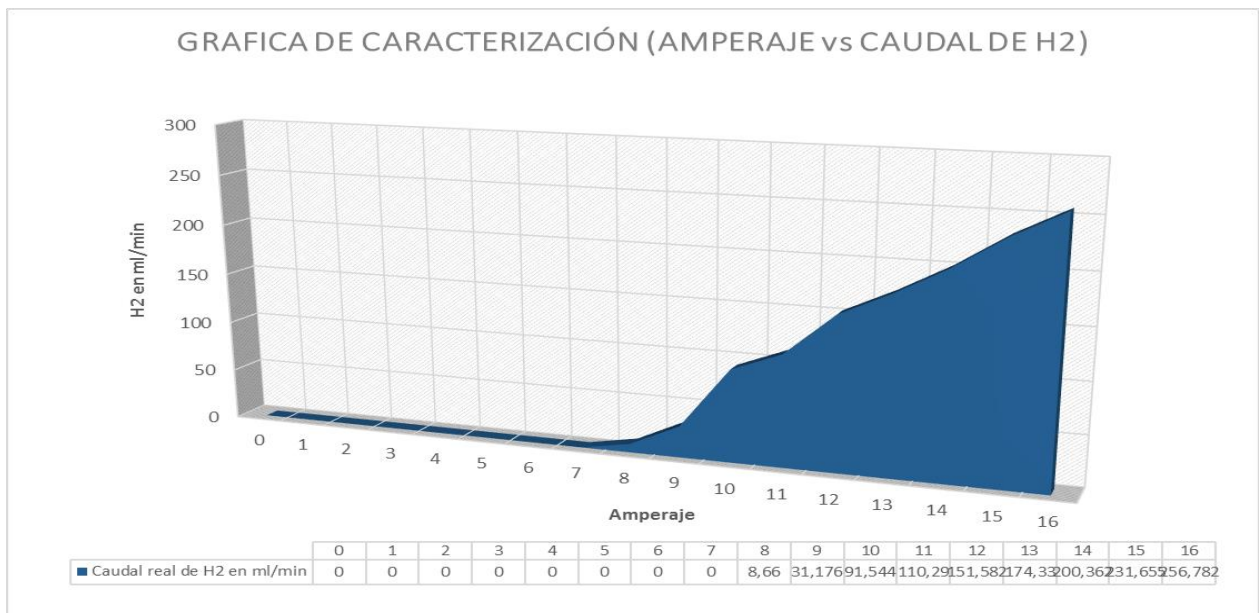


Tabla 1 datos recopilados primera prueba

En la segunda parte de la caracterización anclamos el rotámetro a una base externa fija sin ninguna clase de vibración.



Ilustración 5



Ilustración 6

Usamos el mismo sistema que en la primera prueba un lapso de 2 minutos entre cambio del amperaje dejando así estabilizar el sistema para una mejor y correcta medición notamos que las variaciones fueron muy diferentes con el rotámetro instalado fuera del alcance de las vibraciones, también nos dimos cuenta que cada vez que el ventilador encendía el rotámetro mostraba una variación de 1 ml/min, también nos dimos cuenta que la segunda medición la celda generadora de hidrogeno tuvo un mejor desempeño en cuanto a generación de hidrogeno esto se debe a que la celda en la segunda prueba ya estaba caliente y en su punto máximo de generación de hidrogeno lo cual significa que cuanto más trabaja la celda mejor será su rendimiento, por ende el hidrogeno bien tratado y con todas las normas de seguridad es una excelente alternativa para el uso en industrias y vehículos también es bien sabido y como lo explicamos en nuestro trabajo que es bastante complicada su adaptación completa y general a un vehículo pero se están haciendo avances gigantescos para llegar a este punto.

Amperios	Variaciones en el intervalo de tiempo (dos minutos)					Promedio de lectura del caudal de H2	Caudal real de H2 en ml/min
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>		
0	0					0	0
1	0					0	0
2	0					0	0
3	0					0	0
4	1					1	8,66
5	7					7	74,24
6	10	11				10,5	88,66
7	15	14	15	14		14,5	105,14
8	18	19	18	20	21	19,2	124,504
9	24	25	26	25	26	25,2	154,684
10	30	31	33	30	31	31	184,99
11	35	36	37	39	40	37,4	220,126
12	46	47				46,5	272,685
13	50	51	52	53	54	52	305,5
14	59	60	63	59		60,25	357,155
15	64	65	66	67	68	66	388,56
16	71	72	78	76		74,25	434,18

Tabla # 2 “ rotámetro instalado en un lugar fijo aparte del motor”

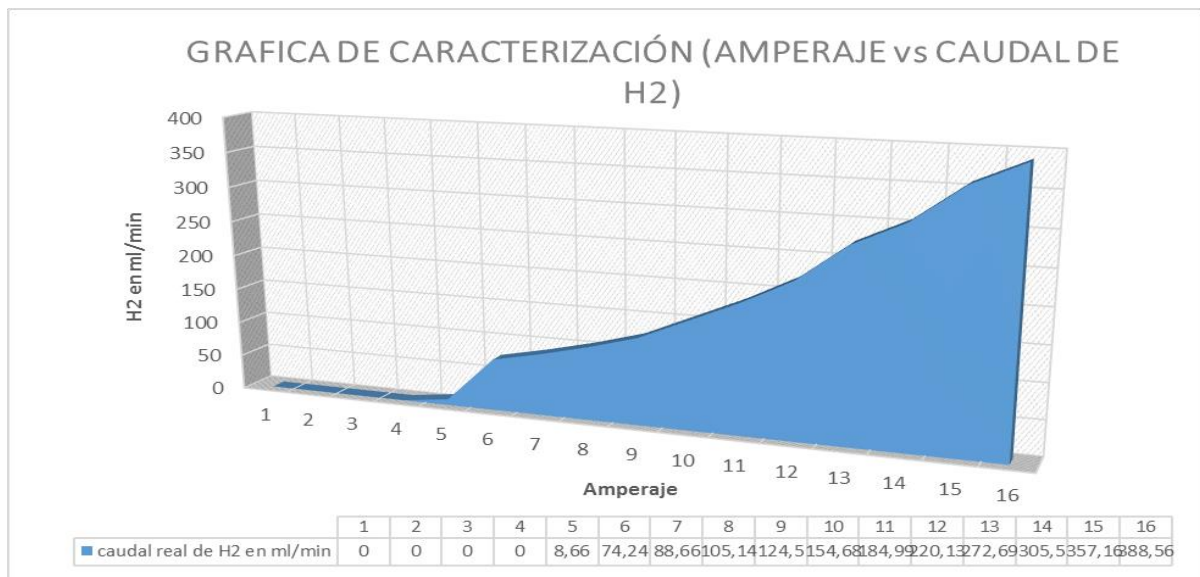


Ilustración 7 tabla #2 grafica segunda prueba

Ya para finalizar nuestra caracterización decidimos hacer una gráfica comparativa en donde se evidencia lo anteriormente dicho en la segunda prueba en caudal de generación de hidrogeno fue mayor al de la primera prueba con lo cual nos certificamos que la celda generadora de hidrogeno entre más tiempo dure trabajando tendrá un mejor rendimiento respecto a la generación de hidrogeno

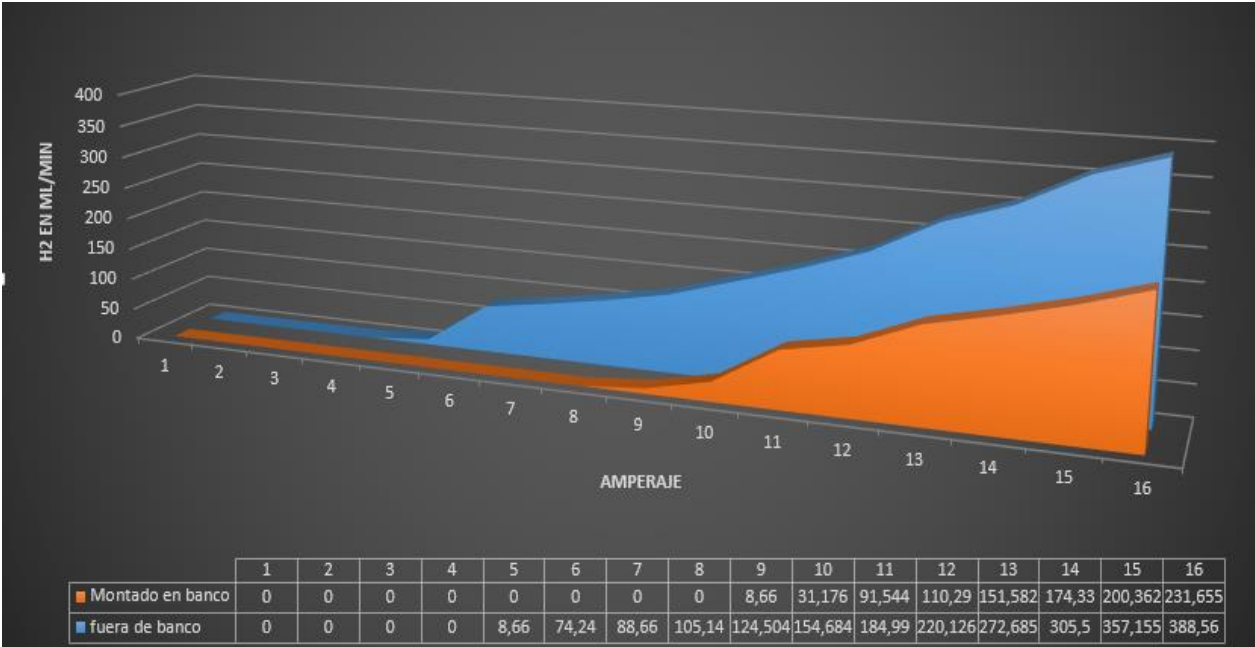


Ilustración 8 tabla comparativa de las dos pruebas

10. CONCLUSIONES

Basados en las pruebas realizadas y la investigación realizada podemos reiterar el gran camino que tiene el hidrogeno en diferentes aplicaciones, en este caso en específico la generación de hidrogeno en el sector automotriz.

Es mucho lo que falta para poder decir que el ser humano domina totalmente el hidrogeno para dichos fines pues como se mencionó anteriormente hay muchos contras uno de ellos y uno de ellos es el almacenaje se sigue trabajando pero aún no hay una decisión radical y específica para ello.

No obstante el hidrogeno genera grandes expectativas por su gran versatilidad y buen trato con el medio ambiente.

11. REFERENCIAS (BIBLIOGRAFÍA)

- *Manual de procesos químicos en la industria (George Austin)*
- *Energía (Erich Ubelacker)*
- *Fuentes de energía para el futuro (Ignacio guerra)*
- *hidrógeno, combustible del futuro: ¿por qué, cómo y dónde? , manual técnico, Centro Atómico Bariloche*
- *El hidrogeno y las pilas de combustible: Tratamiento y valorización, Xavier Elias Castells, Lorena Jurado de Gracia*