



# **UNIÓN DE ASOCIACIONES DE INGENIEROS TÉCNICOS INDUSTRIALES Y GRADUADOS EN INGENIERÍA DE LA RAMA INDUSTRIAL DE ESPAÑA (UAIIE)**

**“CONVOCATORIA 2018”**

## **III PREMIO NACIONAL DE INICIACIÓN A LA INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA**

**Usos del hidrógeno como combustible para vehículos y  
generación de energía**

**AUTOR/ES:**

Alejandro García

Sara López

David Fernández

**BLOQUE TEMÁTICO:**

Medio ambiente

**NIVEL EDUCATIVO:**

1º Bach

**COORDINADOR:**

Francisco Javier

Marzo de 2018

# Índice

<b>Resumen.....</b>	<b>3</b>
<b>Palabras clave.....</b>	<b>4</b>
<b>1.Desarrollo.....</b>	<b>5</b>
<b>1.1 Introduccion.....</b>	
<b>1.2 Objetivos.....</b>	
<b>1.3 Metodología.....</b>	
<b>1.4 Resultados.....</b>	
<b>1.5 Conclusión.....</b>	
<b>2. Referencias.....</b>	<b>12</b>

## Resumen

Este es un proyecto del grupo de alumnos de primero de bachillerato para hablar y estudiar los usos potenciales del hidrógeno como combustible a fin de reducir y/o eliminar el uso de combustibles fósiles contaminantes.

Lo primero que debemos saber es como podemos conseguir hidrógeno, uno de los métodos es la electrolisis: Esta consiste en la descomposición del agua ( $H_2O$ ) en los gases oxígeno ( $O_2$ ) e hidrógeno ( $H_2$ ) por medio de una corriente eléctrica continua, suministrada por una fuente de alimentación, una batería o una pila, que se conecta mediante electrodos al agua.

Tras esto podemos enfocar los usos del hidrógeno como combustible para vehículos ya que es una fuente de energía renovable, inagotable y no poluyente.

Para poder crear vehículos con hidrógeno necesitamos saber que son las celdas de hidrógeno. La celda de hidrógeno es una membrana en la que se mezclan el hidrógeno y el aire de la atmósfera. De su unión surge una corriente eléctrica que sirve para mover un motor eléctrico en el caso de los vehículos. El residuo de la reacción es sólo agua.

Estas celdas no se agotan, ni precisan recarga, ya que producirán energía en forma de electricidad y calor en tanto se les provea de combustible (hidrógeno). La manera en que operan es mediante una celda electroquímica consistente en dos electrodos, un ánodo y un cátodo, separados por un electrólito. El oxígeno proveniente del aire pasa sobre un electrodo y el hidrógeno gas pasa sobre el otro.

Cuando el hidrógeno es ionizado en el ánodo se oxida y pierde un electrón; al ocurrir esto, el hidrógeno oxidado (ahora en forma de protón) y el electrón toman diferentes caminos migrando hacia el segundo electrodo llamado cátodo. El hidrógeno lo hará a través del electrólito mientras que el electrón lo hace a través de un material conductor externo (carga). Al final de su camino ambos se vuelven a reunir en el cátodo donde ocurre la reacción de reducción o ganancia de electrones del oxígeno gas para formar agua junto con el hidrógeno oxidado. Así, este proceso produce agua 100% pura, corriente eléctrica y calor útil.

## Palabras Clave

**Hidrógeno:** Elemento químico de número atómico 1, masa atómica 1,007 y símbolo *H*; es un gas incoloro, inodoro y muy reactivo que se halla en todos los componentes de la materia viva y en muchos minerales, siendo el elemento más abundante en el universo; se utiliza para soldaduras, en la síntesis de productos químicos, etc., y, por ser el gas menos pesado que existe, se ha usado para inflar globos y dirigibles, aunque arde fácilmente, por lo que se suele sustituir por helio.

**Pila de combustible:** También llamada célula de combustible o celda de combustible, es un dispositivo electroquímico en el cual un flujo continuo de combustible y oxidante sufren una reacción química controlada que da lugar a los productos y suministra directamente corriente eléctrica a un circuito externo.

**Vehículo de Hidrógeno:** Un vehículo de hidrógeno o vehículo impulsado por hidrógeno es un vehículo de combustible alternativo que utiliza hidrógeno diatómico como su fuente primaria de energía para propulsarse.

Estos vehículos utilizan generalmente el hidrógeno en uno de estos dos métodos: combustión o conversión de pila de combustible. En la combustión, el hidrógeno se quema en un motor de explosión, de la misma forma que la gasolina. En la conversión de pila de combustible, el hidrógeno se oxida y los electrones que este pierde es la corriente eléctrica que circulará a través de pilas de combustible que mueven motores eléctricos - de esta manera, la pila de combustible funciona como una especie de batería.

**Electrólisis del agua:** La electrólisis del agua es la descomposición del agua ( $H_2O$ ) en los gases oxígeno ( $O_2$ ) e hidrógeno ( $H_2$ ) por medio de una corriente eléctrica continua, suministrada por una fuente de alimentación, una batería o una pila, que se conecta mediante electrodos al agua. Para disminuir la resistencia al paso de corriente a través del agua esta se suele acidular añadiendo pequeñas alícuotas de ácido sulfúrico o bien añadiendo un electrolito fuerte como el hidróxido de sodio, NaOH

# 1 Desarrollo

## 1.1 Introducción

El hidrogeno es considerado el combustible del futuro por ser una fuente de energía renovable, inagotable y no poluyente, además sabiendo que el hidrógeno es un compuesto con gran capacidad de almacenar energía, siendo un combustible de bajo peso molecular y que posee la mayor cantidad de energía por unidad de masa que cualquier otro combustible conocido, su uso traerá beneficios para toda la humanidad y lo más importante, para el medio ambiente, las industrias petrolíferas estudian la adopción de ese elemento para generar la energía eléctrica y como combustible de vehículos. en estado natural y bajo condiciones normales, el hidrógeno es un gas incoloro, inodoro e insípido, cuando es quemado con oxígeno puro, los únicos productos son calor y agua, el hidrógeno reacciona con oxígeno para formar agua y esta reacción es extraordinariamente lenta a temperatura ambiente; pero si la acelera un catalizador, como el platino, o una chispa eléctrica, se realiza con violencia explosiva y esta es la que nos interesa utilizar para generar energía en las celdas de hidrogeno ya que estas funcionan mezclando agua con el mismo y generando agua y energía aprovechable.

## 1.2 Objetivos

**Nuestro objetivo consiste en el uso del hidrógeno como combustible para vehículos o producción de energía**

**Para ello necesitaremos: Hidrógeno y una celda de Hidrógeno**

**Hidrógeno**

Un gas incoloro, inodoro y muy reactivo que se halla en todos los componentes de la materia viva y en muchos minerales, siendo el elemento más abundante en el universo

**Celda de Hidrógeno**

Una membrana en la que se mezclan el hidrógeno y el aire de la atmósfera. De su unión surge una corriente eléctrica que sirve para mover un motor eléctrico en el caso de los vehículos. El residuo de la reacción es sólo agua.

Producir energía eléctrica

### 1.3 Metodología

El primer paso para saber si es viable el uso del hidrogeno combustible, es contemplar si es fácil de obtener de manera no contaminante ya que, el objetivo de este estudio es la eliminación de la contaminación producida por los combustibles fósiles, para la generación de oxigeno tenemos varias alternativas siendo la primera de ellas la electrolisis del agua.

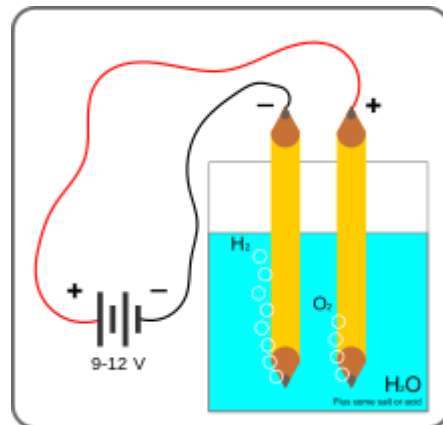


Figura 1. Funciona miento de la electrolisis

La electrólisis del agua es la descomposición del agua ( $H_2O$ ) en los gases oxígeno( $O_2$ ) e hidrógeno ( $H_2$ ) por medio de una corriente eléctrica continua, suministrada por una fuente de alimentación, una batería o una pila, que se conecta mediante electrodos al agua, esta es una forma bastante eficiente de conseguir hidrogeno sobre todo si tenemos en cuenta que el propio proceso de las celdas de hidrogeno de los vehículos genera agua lo cual podría dar a pensar en este ciclo ideal.

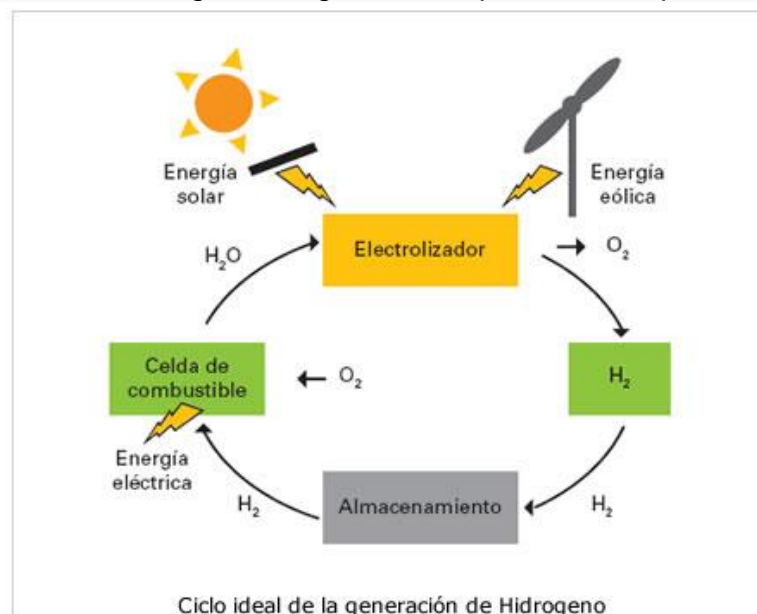


Figura 2. Ciclo ideal de la generación de hidrogeno

Desgraciadamente esto no se cumple de esta manera ya que la celda de combustible genera una cantidad de agua mínima comparada con la necesaria para obtener en la electrolisis la misma cantidad de hidrogeno.

Otra forma de obtener hidrogeno es a partir de la liberación del mismo en la quema de combustibles fósiles en plantas eléctricas se podría extraer este hidrogeno de forma sencilla a través de filtros aunque ya que esto acabaría dependiendo de los combustibles fósiles y la intención de este proyecto es reducir su uso decidimos que la forma más eficiente de conseguir hidrogeno es mediante la electrolisis la cual no es contaminante de ninguna manera

Una vez aclarado el tema de cómo conseguir hidrogeno, pasamos a estudiar de que manera seria más eficiente su almacenamiento, aquí tenemos varias opciones una de ellas es el almacenamiento en estado liquido ya que sabemos que el hidrogeno liquido ocupa 1/700 veces el volumen que este ocupa en su estado gaseoso, aunque para hacer que alcance esta forma es necesario presurizarlo y enfriarlo a 20'13 Grados Kelvin también contemplamos otras posibilidades como su almacenamiento en estado gaseoso, para este se nos presentan dos posibilidades una de ellas es comprimirlo en tanques presurizados de forma que sea más denso y ocupe menos espacio ya que de lo contrario ocuparía mas espacio que el que ocupa un tanque de gasolina para generar la misma cantidad de energía, otro sistema eficaz para esto es la fusión reversible que forme un hidruro metálico.

La primera posibilidad que contemplamos fue almacenarlo de manera liquida debido al reducido espacio que ocupa, basándonos en los datos presentados en el párrafo anterior descubrimos para licuar el hidrógeno se requiere una cierta cantidad de energía para bajar la temperatura hasta 20,3 K, además se los depósitos deben estar fuertemente aislados para conservar tan baja temperatura. Este es un método es eficaz para almacenar cantidades relativamente grandes de hidrógeno. Por lo que sería bastante ineficiente para uso vehicular, además que mediante este método el hidrógeno no puede mantenerse almacenado durante largos periodos de tiempo, debido a lo costoso que es mantener el hidrógeno en estado líquido. Aun así BMW ha desarrollado y empleado la tecnología del hidrógeno líquido en prototipos en los que utilizado pequeños tanques.

En vista de los inconvenientes de este tipo de almacenamiento decidimos investigar más y descubrimos que otra forma bastante eficiente de almacenar el hidrogeno es en forma de hidruro metálico ya que muchos metales absorben el hidrogeno con mucha facilidad y de forma reversible, el calentamiento del mismo libera el oxigeno BMW también se decido a probar esta tecnología pero desde nuestro punto de vista no es la más indicada ya que hay que quemar el hidruro para poder obtener el hidrogeno aunque esta sí que sería una buena solución para almacenarlo en gasolineras antes de introducirlo en vehículos ya que permitiría almacenarlo en grandes cantidades y para disponer de él solo sería necesario calentarlo antes de introducirlo al vehículo si bien entonces concluimos que la mejor forma de almacenar el hidrogeno dentro de un



vehículo sería hacerlo de en forma gaseosa, en depósitos a alta presión (las presiones estándar en vehículos son 200 bares, 350 bares y 700 bares que actualmente es el estándar en automoción). Las balas o bombonas de acero no son prácticas para la mayor parte de las aplicaciones del hidrógeno debido a que son muy pesadas. Por ello, se han desarrollado tanques ligeros a base de materiales compuestos como en los Toyota Mirai que cuentan con tres capas. Una capa interna hecha de un polímero plástico a base de nylon con una baja permeabilidad al hidrógeno. Una capa intermedia de resina epoxy con fibra de carbono que da la rigidez estructural al depósito. Y por último una coraza externa fabricada con un material compuesto a base de fibra de vidrio para proteger al depósito de posibles abrasiones. De esta forma se logra reducir el peso de los depósitos.

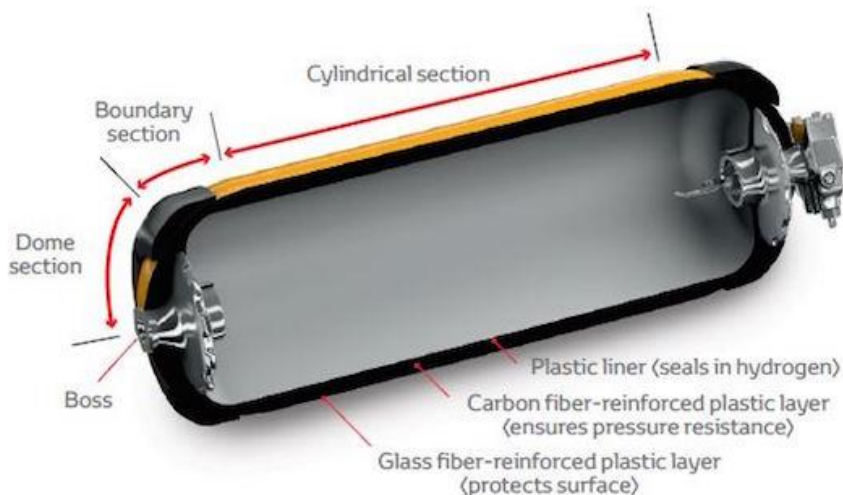


Figura 3. Depósito para hidrógeno en estado gaseoso

Una vez aclarado todo esto pasamos como utilizar este hidrógeno para mover un vehículo bien aquí disponemos de dos opciones:

-la primera se realiza mediante las celdas de hidrógeno; Una celda de hidrógeno básicamente consta de una membrana en la que se mezcla en hidrógeno puro del vehículo y oxígeno proveniente del aire de la atmósfera provocando una reacción que genera una corriente eléctrica capaz de alimentar los motores del vehículo la cual solo genera como deshecho agua, es decir no contamina nada.

Funciona de la siguiente manera el hidrógeno es ionizado en el ánodo se oxida y pierde un electrón; al ocurrir esto, el hidrógeno oxidado (ahora en forma de protón) y el electrón toman diferentes caminos migrando hacia el segundo electrodo llamado cátodo. El hidrógeno lo hará a través del electrólito mientras que el electrón lo hace a través de un material conductor externo (carga). Al final de su camino ambos se vuelven a reunir en el cátodo donde ocurre la reacción de reducción o ganancia de electrones del oxígeno gas para formar agua junto con el hidrógeno oxidado. Así, este proceso produce agua 100% pura y corriente eléctrica.

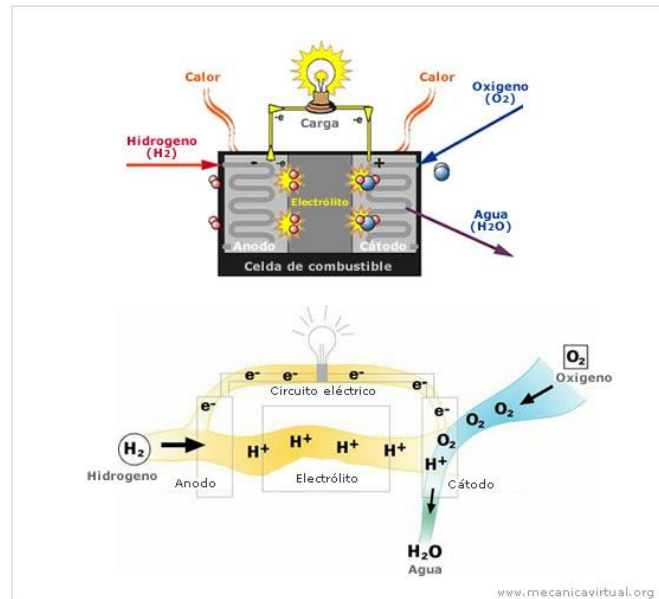


Figura 4. Explicación de las celdas de combustible

La segunda opción son los motores de combustión interna.

Las celdas de combustible son todavía caras y no son lo suficientemente fiables (tiempo de funcionamiento limitado). Así que hay fabricantes como BMW, Mazda, etc. que se han decidido por quemar el hidrógeno dentro de los motores de combustión interna, estos motores son muy similares a los convencionales. El  $H_2$  es altamente inflamable y se quema en concentraciones que van desde el cuatro hasta el 74 por ciento, produciendo algunos óxidos de nitrógeno ( $NO_x$ ), pero sólo algunas trazas residuales de emisiones de dióxido de carbono e hidrocarburos (debido a que quema la película de aceite de las paredes de los cilindros). El  $H_2$  se quema limpiamente, pero no a estándares de cero emisiones. Los BMW 750hL V12 que se construyeron en 2000 producían 201 CV con  $H_2$ , llegando de 0 a 100 km/h en 9.6 segundos y tenían una autonomía de 289 km con poco menos de 19L de  $H_2$  líquido. El nuevo Valvetronic V-8 genera 181 CV con autonomía y desempeño similares.

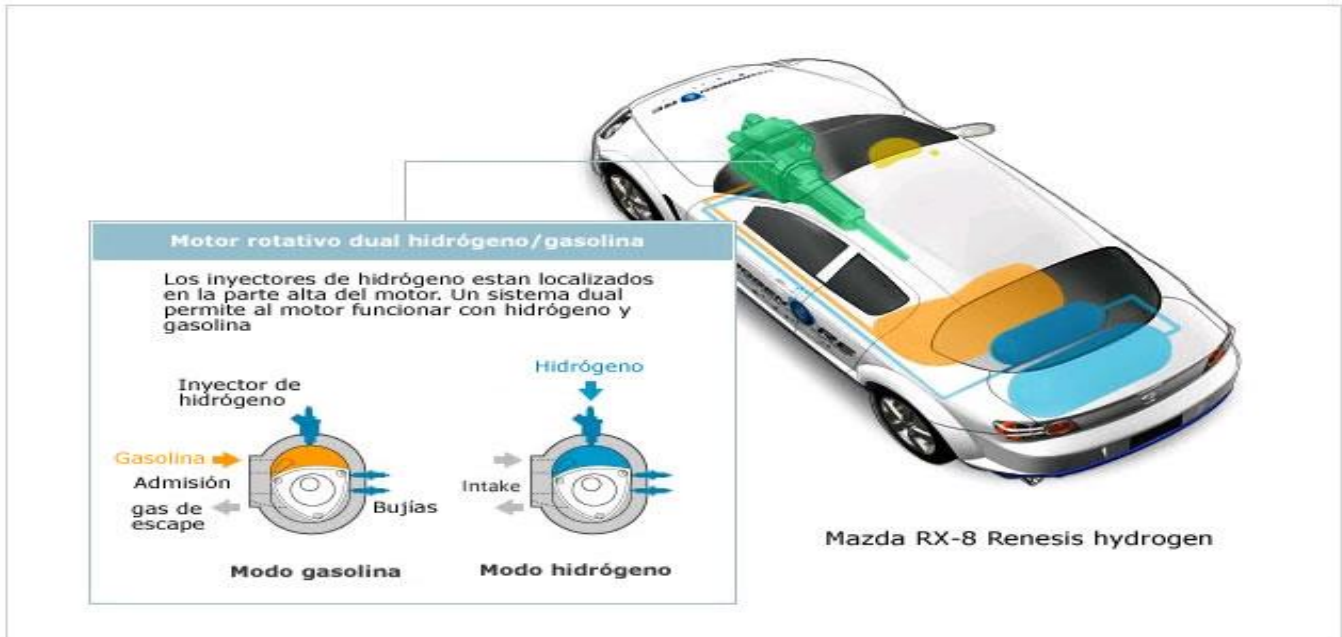


Figura 5. Ejemplo de motor

## 1.4 Resultados

Tras toda la investigación realizada por nuestro equipo concluimos que actualmente el uso de células de hidrogeno sería demasiado costoso y contaminante debido a que las mayores fuentes de energía que podrían ser usadas para la electrolisis provienen de combustibles fósiles y además su eficiencia no es tan elevada como nos gustaría. Sin embargo teniendo en cuenta la vida que le queda a los combustibles fósiles sería una opción muy factible añadir filtros en las centrales en las que se queman combustibles fósiles para separar en el hidrogeno y utilizarlo en motores rotativos duales

## 1.5 Conclusión

La conclusión es que la solución teórica al uso de combustibles fósiles es el uso de hidrogeno obtenido mediante electrolisis con energías no contaminantes en celdas de combustible que a su vez almacén el agua pura pudiendo reutilizarla posteriormente para generar más hidrogeno pero pasando a la práctica esta solución se vuelve improbable actualmente por lo que deberíamos botar mas por lo expuesto en el apartado de resultados y utilizar todo el hidrogeno que actualmente desaprovechamos en plantas de combustión para usar motores duales y reducir aunque no totalmente como nos gustaría, si en gran medida el uso de combustibles fósiles.

## 2. Referencias

Información sobre motores y celdas de combustible:

<http://www.aficionadosalamecanica.net/motores-hidrogeno.htm>

<https://www.motorpasion.com/espaciotoyota/como-funciona-la-celula-de-combustible-de-toyota-fchv-adv>

<https://www.toyota.es/world-of-toyota/articles-news-events/new-toyota-mirai.json>

[motor.elpais.com/hyundai-nexo-nuevo-suv-hidrogeno-805-kilometros-autonomiag](http://motor.elpais.com/hyundai-nexo-nuevo-suv-hidrogeno-805-kilometros-autonomiag)

Información sobre electrolisis:

<https://es.wikipedia.org/wiki/Hidr%C3%B3geno>  
<https://es.wikipedia.org/wiki/Hidr%C3%B3geno>