

OBTENCIÓN DE LOS PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DEL MOTOR DAEWOO 1800cc A GASOLINA CON INYECCIÓN DIRECTA DE HIDRÓGENO.

Sofía Velástegui ¹ Cristian Jesús ² Guido Torres ³ Germán Erazo ⁴

^{1,2,3,4} Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica, Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE,
Márquez de Maenza S/N Latacunga, Ecuador.

email: smvm_14@hotmail.com, crisje_18@hotmail.com, grtorres@espe.edu.ec, wgerazo@espe.edu.ec.

RESUMEN

La investigación tiene por objetivo implementar un sistema de inyección directa de hidrógeno en el motor Daewoo 1800cc, analizar los parámetros característicos del mismo antes y después de la instalación del kit generador para determinar la eficiencia según los datos obtenidos en las pruebas.

Se busca reducir las emisiones contaminantes, elevar la potencia y torque del vehículo para un mejor desarrollo y verificar el consumo de combustible con el uso de gasolina extra y súper.

Las pruebas se realizan con el dinamómetro CHASIS LPS 3000, analizador de emisiones contaminantes MAHA MGT-5 y un canister con capacidad de cinco litros.

La adición de hidrógeno con el uso de gasolina extra generó mejores resultado que con súper; incrementando la potencia, torque y reduciendo en su mayoría las emisiones contaminantes para ambos casos, al igual que el consumo para el caso de extra.

Palabra clave:

Hidrógeno, torque, potencia, emisiones contaminantes, consumo, parámetros característicos.

ABSTRACT

The research aims to implement a system of direct injection of hydrogen in the Daewoo 1800cc engine, and analyze the characteristic parameters before and after it installation of the generator system to determine the efficiency according to data obtained in the tests.

It seeks to reduce emissions, increase the power and torque of the vehicle for better development and verify fuel consumption using extra and super gasoline.

The tests are performed with the dynamometer LPS CHASSIS 3000, emissions analyzer MAHA MGT -5 and one canister with capacity of five liters.

Adding hydrogen using extra gasoline were obtained better results than super; increasing the power, torque and reducing most of the emissions for both cases, as in the case consumption of extra.

Keywords:

Hydrogen, torque, power, emissions, consumption, performance parameters.

I. INTRODUCCIÓN

La disminución progresiva de las reservas de combustibles fósiles y los problemas de contaminación ambiental asociados a su combustión han atraído la atención de los investigadores hacia la búsqueda de vectores energéticos alternativos para automoción. El hidrógeno es uno de estos vectores que tiene grandes ventajas ambientales. [1]

La Industria Automotriz del país ha iniciado la búsqueda de alternativas que contribuyan a reducir dicha contaminación, la producción de hidrógeno ha tenido una buena acogida para mejorar el rendimiento de los vehículos. [2]

El sistema funciona con un voltaje de 12 voltios provenientes de la batería del vehículo, esta corriente será controlada por un relé que va a una salida de encendido que al poner la llave en contacto se genere un voltaje para la señal del mismo, para activar el sistema consta de un interruptor que permitirá o no el paso del voltaje del relé hacia el generador de hidrógeno, el generador al activarse por el voltaje recibido por medio de sus celdas internas divide los átomos de hidrógeno y oxígeno provenientes del electrolito mediante la electrólisis de la mezcla de agua destilada e hidróxido de potasio, posteriormente de la división estos gases son encaminados hacia el depósito de electrolito, donde existen dos compartimientos, el primero es el encargado de contener el electrolito y el segundo conocido como burbujeador se ocupa de enviar el hidrógeno proveniente del generador hacia el colector de admisión del motor. [2]

El hidrógeno se combina con el aire cuando el motor succiona el aire del ambiente por medio del vacío generado por el mismo, luego entra a la cámara de combustión con el combustible complementando a la mezcla. Al producirse la chispa la velocidad de flama es mucho mayor, haciendo que la explosión se extienda

uniformemente dentro del cilindro, quemándola totalmente.[2]

II. DESARROLLO

Se realizó las pruebas al vehículo para establecer los parámetros característicos en los que se encuentra, seguidamente se instala el sistema de inyección directa de hidrógeno para finalmente analizar y comparar los valores obtenidos en ambas pruebas.

a. *INSTALACIÓN*

La instalación se realizó en un el motor Daewoo 1800cc. El procedimiento considera una etapa mecánica y una eléctrica.

a. *Mecánica*

- El generador se fija en una superficie plana de manera vertical y aislado del calor.
- El depósito se lo colocará a un nivel de 10 cm arriba del generador para que la gravedad facilite el descenso del electrolito, y en un lugar visible para completarlo; este debe ser completamente hermético para que no haya fugas de hidrógeno.
- En el depósito en la parte superior existen tres conexiones para las mangueras provenientes del generador, se conecta según se denota con hidrógeno u oxígeno, la tercera conexión es hacia el motor con la entrada de hidrógeno. En la parte inferior existe otra conexión que va hacia la entrada del generador, ésta lleva el agua del depósito al generador y de éste al depósito luego de la electrólisis, aquí ya se encuentra dividida la molécula de agua en gas hidrógeno y oxígeno.
- Mientras el hidrógeno va hacia el motor, el oxígeno es liberado al ambiente por medio de un orificio que se encuentra en el depósito.

b. *Eléctrica*

- Buscar un cable eléctrico que lleve 12 voltios sólo cuando el motor está en marcha. Esta señal será la que alimenta y comanda el relé que alimenta el generador y tiene como meta alimentarlo solo cuando el motor esté en marcha a fin de evitar una acumulación de H₂O en el circuito y por consiguiente la descarga de la batería.

- Retirar la tapa del porta fusibles y localizar el relé de la bomba de combustible para conectar el relé del sistema para su encendido, aprovechando la corriente de 12 V del funcionamiento de la bomba de combustible, asegurando el encendido del sistema solo cuando el motor este en marcha.
- Arrancar el vehículo y comprobar que el cable del terminal del relé de la bomba envié la señal de encendido y corte de la misma.
- El relé del sistema se atornilla al chasis en el compartimiento del motor en una parte de fácil acceso.
- Desde el terminal positivo de la batería se conecta el cable con el contacto 30 del relé. Luego se conecta desde el terminal positivo del generador hasta el contacto 87 del relé. Conectar al contacto 86 el cable anteriormente adaptado de la alimentación de la bomba a través del segundo contacto del interruptor para la activación del relé, es decir para cerrar el circuito del sistema eléctrico del generador.
- Conectar a negativo el relé, es decir el contacto 85 se une al chasis del vehículo.
- Conectar a tierra, de la batería o a través de los tornillos de fijación, al chasis.

Finalmente se llena el depósito con un embudo la mezcla en 2/3 de litro de agua 20 gramos hidróxido de potasio.

b. *COMPROBACIÓN*

- Para el correcto funcionamiento del sistema generador de hidrógeno, el vehículo debe estar en perfectas condiciones tanto mecánicas como eléctricas.
- Encender el motor del vehículo, esperar que alcance su temperatura normal de funcionamiento (94 °C) y activar el interruptor de encendido del generador.
- Al encenderlo comenzará a generar hidrógeno al cabo de tres o cuatro minutos por las mangueras conectadas del generador al depósito se notarán burbujas que circulan por el sistema, esto indica el funcionamiento del mismo.
- Para comprobar la generación de hidrogeno se retira la manguera de entrada al motor y se coloca en el fondo de un recipiente interno lleno de agua, en la

superficie se formaran burbujas de gas que estallará al poner un cerillo prendido; esto demuestra la flamabilidad del hidrógeno y recrea lo que sucede en el interior del motor al exponer la mezcla a la chispa de la bujía.

c. CÁLCULO DE PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO

La producción de hidrógeno se calcula aplicando la ley de Faraday y densidad. Para esto se requiere conocer el peso molecular del hidrógeno (1,00794 g/mol), la intensidad del generador (4,375 A), el tiempo que dura la prueba (60 segundos), la valencia (1) y densidad del hidrógeno (0,0000838 g/cm³). Al reemplazar en la ecuación de Faraday se obtiene 0,002742 g de masa del hidrógeno, con esto se obtiene una producción de 0,03272 lt.

$$m_H = \frac{\left(\frac{1,00794g}{mol}\right) (4,375A)(60seg)}{1 * 96500 A \cdot seg \cdot mol^{-1}}$$

Ecuación 1. Cálculo de la masa del hidrógeno

$$m_H = 0,002742g$$

Ecuación 2. Masa de hidrógeno

$$V_H = \frac{0,002742g}{0,0000838 g/cm^3}$$

Ecuación 3. Cálculo del volumen de hidrógeno

$$V_H = 0,03272 lt$$

Ecuación 4. Volumen de hidrógeno

d. PRUEBAS

A continuación se presenta el resumen de pruebas realizadas en el dinamómetro, luego los porcentajes de emisiones contaminantes y finalmente el consumo de combustible a 2841m de altura.

- En la figura 1 se presenta las curvas de potencia del motor Daewoo 1800cc con los combustibles extra, súper y la combinación de estos con hidrógeno.

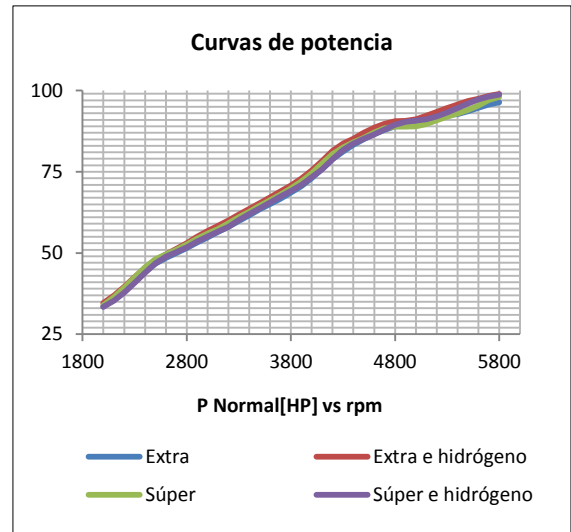


Figura 1. Relación de curvas de potencia de extra, súper e hidrógeno

La curva de potencia más alta lograda en las pruebas fue con el uso de gasolina extra e hidrógeno de 98,99 HP designada con el color rojo. Las curvas azul (extra), verde (súper) y morada (súper e hidrógeno) obtuvieron 96,37 HP, 98,03 HP y 98,73 HP respectivamente.

- Curvas de torque de extra, súper e hidrógeno.

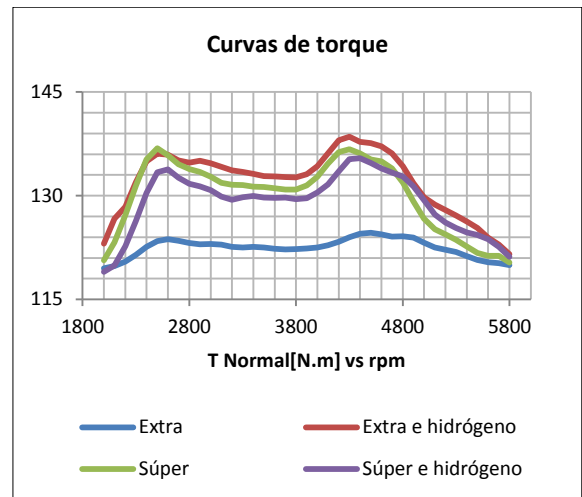


Figura 2. Relación de curvas de torque de extra, súper e hidrógeno

En la figura 2 se representa las curvas de torque obtenido con cada combustible analizado como la curva azul que simboliza a extra y tiene los menores valores de entre 117 a 125 Nm; en el caso de súper e hidrógeno denotada por el color morado, logra ascender hasta 135,45 Nm siendo menor que con súper evidenciada con el color verde que llega

a un valor de 136,12 Nm; a diferencia de extra e hidrógeno representada por la curva de color rojo que alcanza el valor máximo de torque de 138,52 Nm.

- Porcentajes de emisiones contaminantes de extra, súper y la combinación de estos con hidrógeno.

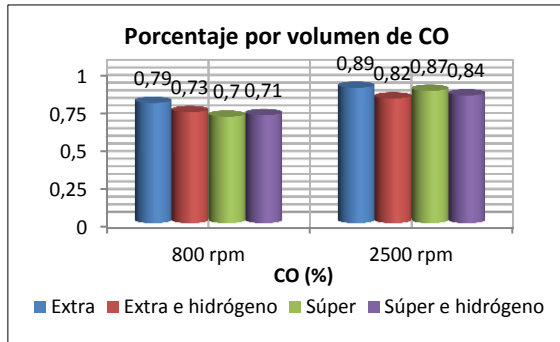


Figura 3. Relación de valores de emisiones contaminantes del gas CO de extra, súper e hidrógeno

En la figura 3 se presentan las mediciones de monóxido de carbono (CO) a 800 revoluciones con los cuatro combustibles se encuentran dentro de un rango de 0,7 a 0,8%V, siendo su variación de solamente centésimas por lo que no existe gran diferencia entre ellos, lo que similarmente se observa a las 2500 revoluciones, con la diferencia de que incrementa en diez décimas variando de 0,8 a 0,9%V, a pesar de esto en ambos casos la gasolina extra (azul) tiene los valores más altos y extra e hidrógeno (rojo) los más bajos.

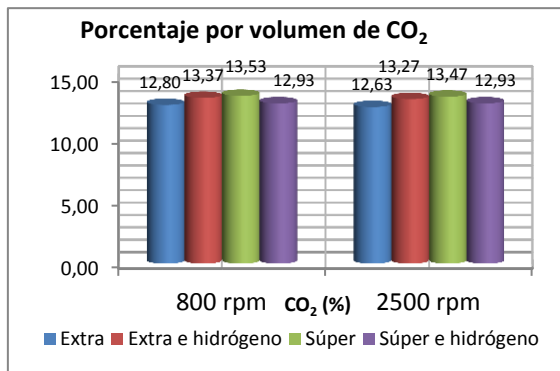


Figura 4. Relación de valores de emisiones contaminantes del gas CO₂ de extra, súper e hidrógeno

En la figura 4 se obtiene los valores de dióxido de carbono (CO₂), con gasolina extra tiene el menor porcentaje por volumen de los cuatro combustibles analizados, seguidamente súper e hidrógeno se mantiene con el mismo valor de 12,93%V tanto a

revoluciones mínimas como máximas, consecutivamente extra e hidrógeno varía 0,1 en las cifras obtenidas en las pruebas y finalmente la gasolina súper es la que más genera este gas tanto en 800 como en 2500 rpm.

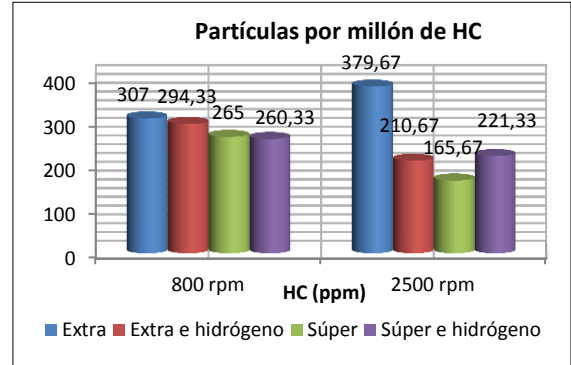


Figura 5. Relación de valores de emisiones contaminantes del HC de extra, súper e hidrógeno

En la figura 5 se tiene el análisis obtenido de los hidrocarburos producidos en el proceso de la combustión se tiene que para 800 revoluciones en extra existe una elevada producción de 307 ppm, después de implementar el sistema de hidrógeno con extra existe una reducción de la producción teniendo una cantidad de 294,33 ppm, lo que en súper es menor su generación con 265 ppm y aún menos con súper e hidrógeno, considerándolo como el mejor debido a su valor bajo de 260,33 ppm. A las 2500 rpm la gasolina extra sigue siendo el más contaminante con 379,67 ppm lo que con hidrógeno disminuye notablemente a 210,67 ppm, en el caso de súper e hidrógeno ha aumentado en relación a este último alrededor de 11 ppm, el menor valor de partículas por millón de 165,67 conseguido fue con gasolina súper siendo el que generó menos hidrocarburos.

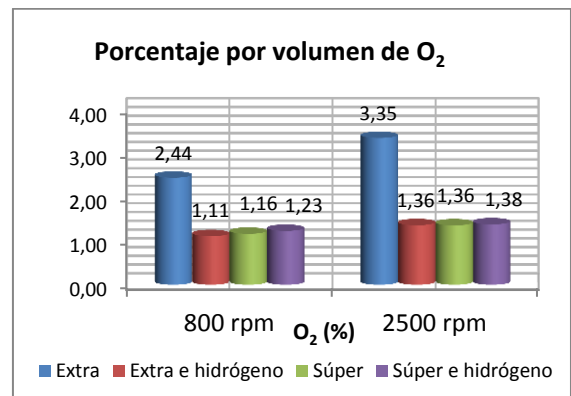


Figura 6. Relación de valores de emisiones contaminantes del gas O₂ de extra, súper e hidrógeno

En la figura 6 se exhibe la producción de oxígeno a 800 revoluciones con extra tiene el porcentaje más elevado de entre todos con 2,44%V, consecutivamente súper e hidrógeno produce la mitad del anterior con 1,23%V, con una variación de centésimas entre súper y extra e hidrógeno de 1,16%V y 1,11%V respectivamente, se distingue a este último combustible como el que menos oxígeno genera. En cambio a las 2500 revoluciones se tienen los menores porcentajes de emisión de oxígeno con extra e hidrógeno (1,36%V), súper (1,36%V) y súper e hidrógeno (1,38%V), contrario a extra que incrementa a 3,35% a relación de su medición a ralentí.

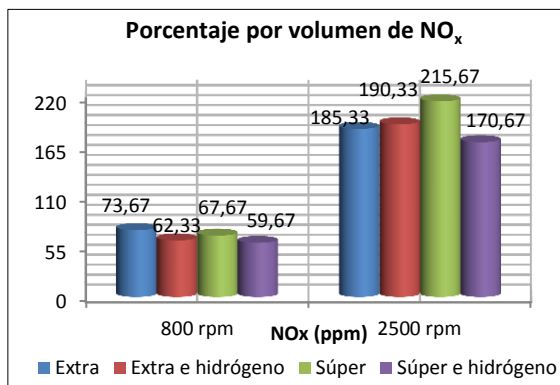


Figura 7. Relación de valores de emisiones contaminantes de NO_x de extra, súper e hidrógeno

En se figura 7 se obtuvo el análisis de los óxidos de nitrógeno se tiene a 800 revoluciones con gasolina extra la mayor cantidad de 73,67 ppm y la menor de súper e hidrógeno con 59,67 ppm, teniendo como valores intermedios a extra e hidrógeno y súper con valores de 62,33 y 67,67 ppm respectivamente; a las 2500 revoluciones la generación de estos gases incrementa considerablemente, la más alta producción se presenta con gasolina súper con 215,67 ppm, sobrepasando a extra e hidrógeno con 25,34 ppm y a extra con 30,34 ppm, siendo el menos contaminante súper e hidrógeno con 170,67 ppm.

- Consumo de combustible de extra, súper e hidrógeno.

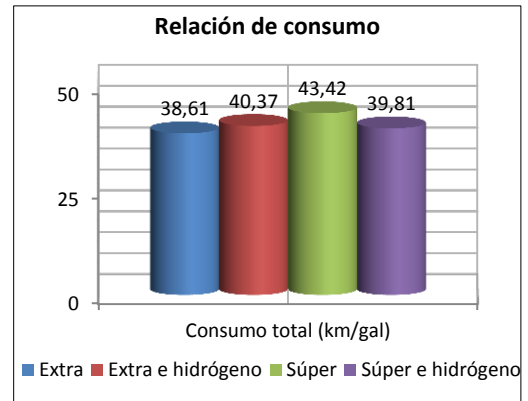


Figura 8. Relación de valores de consumo de combustible de extra, súper e hidrógeno

En la figura 8 se indica el estudio realizado para el rendimiento de combustible se tiene la menor distancia recorrida por galón con extra representada por la barra azul es de 38,611 km convirtiéndolo en el menos eficiente, seguido de la barra morado concerniente a súper e hidrógeno que tuvo un aprovechamiento de 39,812 km/gal, sin embargo, con extra e hidrógeno denotado con el color rojo, existió un aumento considerable de 40,378 km/gal con relación de solo extra, y finalmente con súper distinguido por el color verde, existe una mejor productividad de combustible en un galón con una distancia de 43,425 km posesionándose como el más eficaz.

III. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En la tabla 1 se muestra el resumen de los valores obtenidos en las pruebas a las que se sometió al vehículo con gasolina extra y súper e hidrógeno.

Los valores corresponden a las mediciones de potencia, torque, consumo de combustible y emisiones contaminantes a 800 y 2500 revoluciones.

Tabla 1. Resumen de valores obtenidos en las pruebas

Combustible	Extra	Extra e hidrógeno	Súper	Súper e hidrógeno
P Normal[HP]	96,37	98,99	98,03	98,73
M Normal [Nm]	124,6	138,5	136,1	135,4
Consumo total	38,61	40,37	43,42	39,81

Continúa →

		[km/gal]				
		800 RPM				
Emisiones contaminantes	CO (%V)	0,79	0,73	0,7	0,71	
	CO ₂ (%V)	12,80	13,37	13,53	12,93	
	HC (ppm)	307	294,3	265	260,3	
	O ₂ (%V)	2,44	1,11	1,16	1,23	
	NO _x (ppm)	73,67	62,33	67,67	59,67	
			2500 RPM			
	CO (%V)	0,89	0,82	0,87	0,84	
	CO ₂ (%V)	12,63	13,27	13,47	12,93	
	HC (ppm)	379,6	210,6	165,6	221,3	
	O ₂ (%V)	3,35	1,36	1,36	1,38	
NO _x (ppm)	185,3	190,3	215,6	170,6		

Los mejores resultados se obtienen con el uso de extra e hidrógeno ya que tanto en la potencia como el torque ha subido 2,72% y 11,14% respectivamente, lo que en el caso de súper solamente aumenta en 0,71% la potencia y en el torque disminuye 0,49%, demostrando que no es eficiente utilizar el sistema con esta gasolina. Así mismo, en el consumo de combustible se logra un mejor aprovechamiento con extra e hidrógeno que con súper e hidrógeno, teniendo en el primer caso un incremento de 4,58% y en el segundo un decremento de 8,32% de efectividad en el recorrido, por tanto un superior desempeño con extra e hidrógeno. En cuanto a las emisiones contaminantes se observa a las 800 revoluciones en extra e hidrógeno menor contaminación en monóxidos de carbono, hidrocarburos, oxígeno y óxidos de nitrógeno, y una elevación de dióxidos de carbono; en súper e hidrógeno la reducción ocurre en dióxidos de carbono, hidrocarburos y óxidos de nitrógeno pero aumentan los monóxidos de carbono y el oxígeno. A las 2500 revoluciones ocurre una disminución de contaminación en los monóxidos de carbono de 7,87% y en los hidrocarburos y oxígeno más del 40% pero existen mayores emisiones de dióxidos de carbono y óxidos de nitrógeno; con gasolina súper el hidrógeno minora los monóxidos y dióxidos de carbono, y óxidos de nitrógeno, los hidrocarburos y el oxígeno por el contrario se intensifican.

IV. CONCLUSIONES

- Existió un incremento en los valores de potencia y torque al utilizar gasolina extra con hidrógeno como combustible alternativo, siendo estos parámetros característicos del motor 2,62 HP y 13,29 Nm respectivamente, mejoró el rendimiento del combustible en 1,767 km por galón.
- Las emisiones CO, O₂, HC, NO_x tuvieron una disminución de 7,59%; 4,13%; 54,51%; y 15,39% respectivamente, lo que no ocurrió

con el CO₂, que se incrementó en 4,45% en comparación con gasolina extra.

- Concerniente a súper la potencia máxima es mayor con el uso de hidrógeno, teniendo un leve aumento de 0,70 HP, contrario al torque que disminuyó 0,67 Nm. En las pruebas de consumo no existió mejora ya que gastó 3,613 km más en un galón que con el uso solamente de súper.
- Las emisiones contaminantes analizadas tuvieron una disminución son CO₂ con 4,43%, los HC en 1,76%, los NO_x con 11,82%, y un aumento en CO con 1,43% y el O₂ en 6,03% en relación a los análisis con gasolina súper.
- Se logró de manera satisfactoria implementar un sistema de inyección directa de hidrógeno en el vehículo Chevrolet Optra con motor Daewoo 1800cc, tomando en cuenta cada uno de los pasos para la instalación del sistema.
- El consumo de combustible se determinó mediante la ruta Guápulo-CCICEV y viceversa, usando cinco litros como base para todos los combustibles, teniendo como resultado que con gasolina extra el consumo fue de 3 litros de combustible, al usar extra con hidrógeno fue de 2,85 litros, con gasolina súper se obtuvo 2,65 litros y con súper 2,9 litros de gasto de combustible.
- Debido a que la producción de hidrógeno es mínima el motor no obtiene la suficiente cantidad requerida para mejorar radicalmente su rendimiento, a pesar de esto con 0,03272 lt/min se logra incrementar alrededor de 3% de potencia y 12% en el torque, con el combustible extra e hidrógeno que alcanzó el mejor desempeño dentro del análisis, consiguiendo también una disminución de las emisiones contaminantes más tóxicas; por lo que con una producción mayor se percibirían resultados más satisfactorios con la implementación de este sistema.

REFERENCIAS

- [1] Fierro, J., Gómez, L., & Peña, M. (2001). El hidrógeno: un vector energético no contaminante para automoción. Recuperado el 12 de Mayo de 2014, de <http://www.icp.csic.es/cyted/Monografias/Monografias2001/A4-157.pdf>
- [2] Velástegui, S., Jesús, C., Torres, G. & Erazo, G. (2015). "Análisis de los parámetros característicos de un motor de combustión interna con inyección directa de hidrógeno". Latacunga, Ecuador.

- [3] Duque, E. & Masaquiza, J. (2013). "IMPLEMENTACIÓN DE UN GENERADOR E INYECTOR DE HIDRÓGENO EN UN MOTOR DE VEHÍCULO MAZDA BT-50 2.2 L, PARA REDUCIR EMISIONES DE GASES CONTAMINANTES". Riobamba, Ecuador.
- [4] Familiar, C. (2010-2011). "INYECCIÓN DE HIDRÓGENO COMO POTENCIAL MEJORA DE LOS MOTORES ACTUALES". Barcelona, España.
- [5] Fernández, L. (2014). Ahorro de Combustible, instalación y mantenimiento. Recuperado el 15 de diciembre de 2014, de <http://agrupasuma.com/profiles/blogs/hidrocarcol-gico-generator-de-hidr-geno-ahorro-de-combustible-5>
- [6] Fierro, J., Gómez, L., & Peña, M. (2001). El hidrógeno: un vector energético no contaminante para automoción. Recuperado el 12 de Mayo de 2014, de <http://www.icp.csic.es/cyted/Monografias/Monografias2001/A4-157.pdf>
- [7] Soria, S., Cuando, E., & Tena, Y. (2014). Química. Generador de has Hidroxi HHO. Recuperado el 23 de Julio de 2014, de <http://es.calameo.com/read/0029004446747dbe63b3>

BIOGRAFÍA



Sofía Velástegui, nació en Ambato, Ecuador. Es Ingeniera Automotriz, presta sus servicios profesionales como asesora en mecánica automotriz.



Cristian Jesús, nació en Quito, Ecuador. Es Ingeniero Automotriz, presta sus servicios profesionales como asesor en mecánica automotriz.



Guido Torres, nació en Alausí provincia de Chimborazo. Se graduó como Ingeniero Mecánico. Docente en la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE.



Germán Erazo, nació en Latacunga. Es Ingeniero Automotriz e Ingeniero Industrial. Docente en la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE