

---

## Consumo y emisión de un MCI aplicando un proceso de descarbonizado por HHO

### Consumption and Emissions of an Internal Combustion Engine Using a Decarbonization Process with HHO

Abraham Mesías Jorque Rea<sup>1</sup>, Klever Armando Tumbaco Casa<sup>2</sup>

---

#### Resumen:

En esta investigación, se va a evaluar el impacto del uso de un equipo generador de Oxihidrógeno (HHO) en el consumo de combustible y la emisión de gases en un vehículo de encendido provocado (MEP) durante el proceso de descarbonización de la cámara de combustión. El consumo de combustible y las emisiones contaminantes son problemas críticos en la industria automotriz, que afectan la calidad del aire y la salud pública. La acumulación de carbonilla en la cámara de combustión no solo reduce la eficiencia del motor, sino que también incrementa las emisiones de gases nocivos. Para abordar esta problemática, se realizó un análisis en un vehículo de 1500 cc, llevando a cabo pruebas de gases de escape según la normativa NTE INEN 2 204, utilizando el analizador de gases BREAN BREE AGS-800. El equipo de HHO produce una mezcla de hidrógeno y oxígeno a partir de agua mediante un proceso de pirolisis, lo que facilita la eliminación de la carbonilla acumulada. Se empleó el método gravimétrico para medir el consumo de combustible, registrando datos sobre el volumen consumido durante las pruebas. Los resultados indicaron una disminución en las emisiones de gases contaminantes: hidrocarburos (HC) con 19.14 ppm, monóxido de carbono (CO) con 14.28%, dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) con 0.06% y oxígeno (O<sub>2</sub>) con 24.13%. Además, se observó una mejora significativa del 16.13% en la eficiencia del combustible. Esto demuestra que la limpieza del motor con HHO alarga su vida útil y reduce los gases contaminantes perjudiciales para el medio ambiente.

Palabras claves: HHO, descarbonización, emisiones contaminantes, consumo de combustible

#### Abstract:

*In this research, the impact of the use of an Oxyhydrogen (HHO) generating equipment on fuel consumption and gas emission in a spark ignition vehicle (MEP) during the decarbonization process of the combustion chamber will be evaluated. . . Fuel*

---

<sup>1</sup> Instituto Superior Universitario Central Técnico, Magister en Sistemas Automotrices, <http://orcid.org/0000-0003-4235-9604>

<sup>2</sup> Instituto Superior Tecnológico Tecnocuatoriano, Magister en Sistemas Automotrices, <http://orcid.org/0000-0003-4955-3856>

Autor de correspondencia: [ktumbaco@istte.edu.ec](mailto:ktumbaco@istte.edu.ec)



*consumption and polluting emissions are critical problems in the automotive industry, affecting air quality and public health. Carbon buildup in the combustion chamber not only reduces engine efficiency but also increases harmful gas emissions. To address this problem, an analysis was carried out on a 1500 cc vehicle, carrying out exhaust gas tests according to the NTE INEN 2 204 regulations, using the BREAN BREE AGS-800 gas analyzer. HHO equipment produces a mixture of hydrogen and oxygen from water through a pyrolysis process, which facilitates the removal of accumulated carbon. The gravimetric method was used to measure fuel consumption, recording data on the volume consumed during the tests. The results indicated a decrease in emissions of polluting gases: hydrocarbons (HC) with 19.14 ppm, carbon monoxide (CO) with 14.28%, carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) with 0.06% and oxygen (O<sub>2</sub>) with 24.13%. Additionally, a significant improvement of 16.13% in fuel efficiency will be observed. This shows that cleaning the engine with HHO extends its useful life and reduces polluting gases that are harmful to the environment.*

*Keywords: HHO, decarbonisation, pollutant emissions, fuel consumption*

---

## Introducción

En la actualidad, la contaminación atmosférica representa uno de los principales desafíos ambientales a nivel mundial, especialmente en áreas urbanas donde la concentración de vehículos es alta. Según el Informe de Calidad de Vida (2022), en 2021, la contaminación vehicular fue identificada como responsable de un 30,1% de los problemas ambientales, siendo estos los que liberan mayor monóxido de carbono (CO) en un 84,5%, según los resultados de la investigación de (Patiño, Parra, & Borge, 2022).

El consumo de combustible y las emisiones de gases contaminantes son dos de los principales desafíos que enfrenta la industria automotriz. Para mitigar los impactos ambientales, entre ellos, la contaminación del aire por óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono y partículas perjudiciales para la salud humana (EPA, 2024), se han desarrollado diversas tecnologías y métodos de limpieza para los cilindros y los sistemas involucrados en el proceso de combustión y evacuación. Según explica (Flores, 2018), mantener los cilindros limpios permite una mejor atomización del combustible y una mezcla más homogénea, lo que optimiza la combustión y reduce el consumo de combustible.

En ese sentido uno de estos métodos consiste en utilizar equipos generadores de oxihidrógeno HHO, que limpian la cámara de combustión en vehículos de encendido provocado MEP. El HHO es un gas que se genera a partir de una pirolisis de hidrógeno, oxígeno y que se mezcla con el combustible de manera controlada, que desprende, quema, pulveriza y elimina todos los depósitos de carbonilla acumulados en el motor, como justifica Parra y Sarmiento, (2020) en su investigación.

Además, en el equipo se introduce un agente químico no contaminante, el HHO Carbon Cleaner Agent que, junto a su elevado caudal de oxihidrógeno de 1240 ml/min mejora la limpieza en el sistema de escape, incluido el catalizador, como nos explica (IFEMA, 2017). Esto facilitará el cumplimiento de los valores de conversión, garantizando una eficiencia del catalizador que oscile entre el 60% y el 90%, como concluyen Litardo y López (2023). Este tratamiento puede crear una capa protectora en la superficie de la cámara de combustión, evitando así la formación futura de hollín o carbonilla, factores que contribuyen al aumento del consumo de combustible y a las emisiones contaminantes.

Para evaluar la efectividad de este proceso, se realizarán mediciones de los gases de escape, como monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), hidrocarburos (HC) y oxígeno (O<sub>2</sub>), mediante un analizador de gases, tal como se detalla en la investigación de Vintimilla (2015). Esto permitirá determinar si hay una reducción en los gases tras la descarbonización. Además, se empleará un método gravimétrico para registrar el consumo de combustible, utilizando un sistema de alimentación externa para obtener un promedio de la masa o el volumen de combustible consumido en un tiempo determinado, según mencionan Colcha, Palacios, Mero y Guachá (2023). De esta manera, se podrá evaluar la eficacia de la descarbonización.

El objetivo es comparar cómo este proceso influye en la emisión de los gases y el consumo de combustible, antes y después de la descarbonización, teniendo en cuenta las mismas condiciones de funcionamiento del vehículo, tales como: la temperatura del sensor ECT, las revoluciones por minuto (rpm) y la presión atmosférica.

## Metodología

La metodología utilizada en esta investigación es de tipo cuasiexperimental, ya que, se evalúa la efectividad de una intervención, en este caso, la limpieza de los cilindros por medio de una máquina generadora de HHO, mediante la recolección y análisis de datos antes y después de dicha intervención. Este proceso implica un diseño controlado, donde se establecen condiciones específicas para medir y comparar los niveles de gases contaminantes, lo que permite inferir relaciones causales y determinar la efectividad de la limpieza en la reducción de emisiones. A continuación, se mencionan los tres procesos principales que se sigue en el desarrollo de este estudio:

### Conexión del analizador de gases al tubo de escape

Para la toma de datos de los gases post-combustión, se conectó el analizador al tubo de escape del vehículo, como se observa en la figura 1.

**Figura 1**

*Conexión del analizador de gases y el scanner al vehículo.*



*Nota.* Esquema secuencial de cómo se ejecuta la limpieza en el motor, por medio del uso del Equipo HHO. Autores (2024)

El analizador de gases funciona a través del software Omni-800, donde también podemos visualizar los valores de los gases en función a las r.p.m. y la

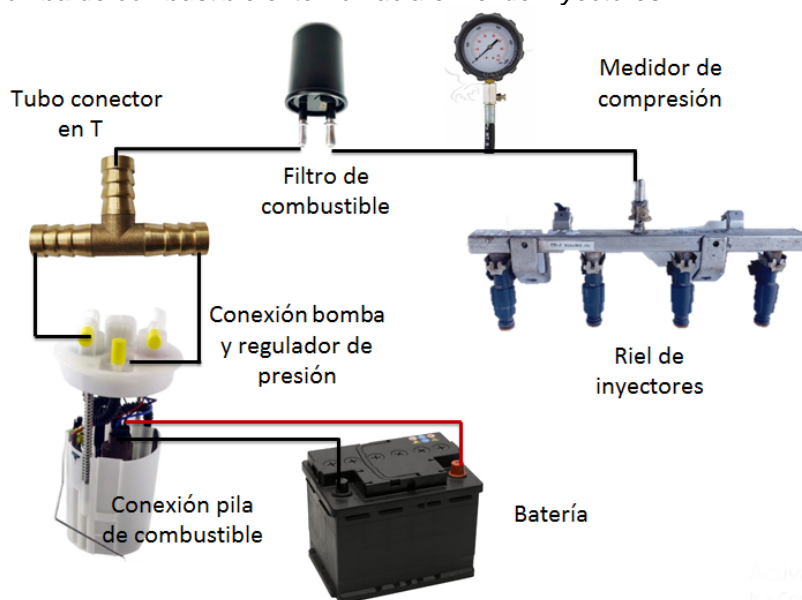
temperatura. Con este equipo se registrarán los niveles de CO, NOx y HC antes y después de la limpieza, operando la máquina en condiciones controladas.

### Medición el consumo de combustible

Para la toma de datos del consumo de combustible, se realizó a través del método gravimétrico, que consiste en medir la variación de masa del tanque exterior, para determinar el volumen de combustible consumido durante la prueba, como se muestra en la figura 2, encontrando la cantidad de gasolina que se perdió durante un determinado periodo de tiempo y rpm, cabe mencionar que esta prueba fue ejecutada en cinco repeticiones esto con la finalidad de sacar un promedio de los resultados obtenidos.

**Figura 2**

*Conexión de la bomba de combustible externo hacia el riel de inyectores*



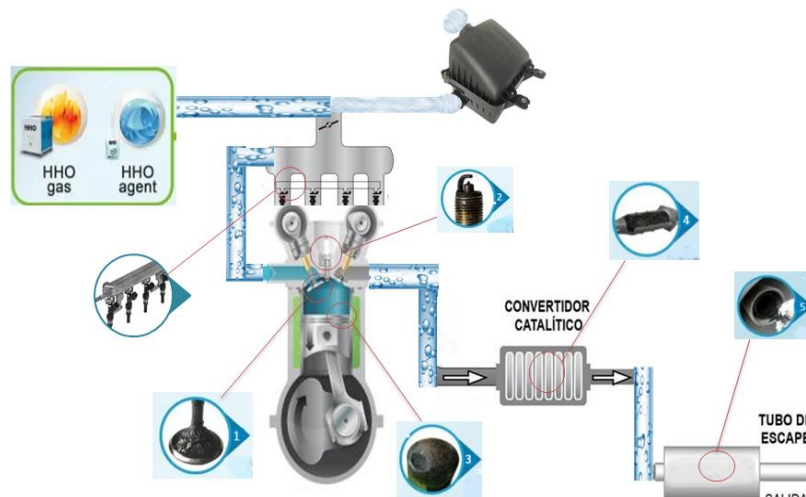
*Nota.* Esquema de adaptación para la medición de consumo de combustible, por el método gravimétrico. Autores (2024)

### Conexión del generador HHO al vehículo

Para la conexión del equipo, primero se agrega el detergente de HHO, 1 envase de 68ml por vehículo, a continuación, se conecta la manguera de gas con el tubo de vacío del motor, como se muestra la figura 3, se configura los parámetros como el tiempo de operación, mismo que, debe ser de 20 minutos con el vehículo a ralentí, por lo que se debe considerar el nivel de combustible, mismo, que debe, ser el suficiente para que el vehículo se mantenga encendido ese tiempo, el ajuste de la salida de gas debe ser hasta que alcance 1000-1200L. Cuando finalice desconecta y se acelera de 3000 hasta 3500 rpm, para que evacuen los desprendimientos de hollín por el tubo de escape.

**Figura 3**

Conexión del generador HHO al motor.



Nota. Esquema de conexión del equipo HHO. Autores (2024)

Los equipos utilizados para la toma de datos en la investigación se enlistan a continuación:

- Vehículo Sali 1,5lt
- Analizador de gases AGS-688
- Scanner automotriz Launch X-431PRO
- HHO carbon cleaner 6.0

El vehículo en el que realizan las pruebas es un modelo Chevrolet Sail 1.5lt, el cual, presenta las siguientes características, tabla 1.

**Tabla 1**

Especificaciones técnicas del vehículo

Transmisión	Manual- 5 velocidades
Motor	1.5 DOCH VVT
Potencia	109HP@6000rpm
Torque	141 @4000rpm
Sistema de inyección	Multipunto - Indirecta
Numero de cilindros	4
Relación de compresión	10.2:1
Kilometraje	138110 km

Nota. Especificaciones técnicas del vehículo de pruebas. Autores (2024)

El equipo utilizado para el proceso de medición de gases es un modelo BRAIN BEE AGS-688 que trabaja con un software (OMNI-BUS 800) de múltiples funciones y se encuentra calibrado con la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2204:2017, figura 4

**Figura 4**

*Analizador de gases BRAIN BEE AGS-688*



*Nota.* Equipo analizador de gases utilizado para la toma de datos. Globaltech (2023)

Los parámetros de medición con los que cuenta el equipo se encuentran bajo los lineamientos de la revisión técnica vehicular (RTV), los cuales se detallan en la tabla 2

**Tabla 2**

*Características del analizador de Gases AGS-688*

Sensor		Sensor O2 (7mV-5mV)	
Medición de gases	CO	0-	9,99 %%
	CO2	0-	19.9%
	HC	0-	20.000 ppm
	O2	0-	25%

*Nota.* Parámetros del equipo de medición de gases. GlobalTech (2023)

El siguiente equipo utilizado es el scanner automotriz Launch X-431 PRO, con el cual, se monitoreó las condiciones de temperatura y las revoluciones por minuto (rpm) del motor, como se observa en la figura 5

**Figura 5**

*Conexión del Scanner al OBD II*



*Nota.* Escáner utilizado en la toma de datos. Autores (2024)

El equipo utilizado para el proceso de la descarbonización es conocido como un generador de HHO que utiliza un aditivo limpiador como se muestra en la figura 6.

**Figura 6**

*Equipo generador de HHO y Agente limpiador de carbón*



*Nota.* Equipo descarbonizador. Kingkar Eco-Technologies (2024)

El proceso de descarbonización se desarrolla por medio del alto poder calorífico que genera el gas oxihidrógeno (HHO) que es de  $120.00 \frac{MJ}{Kg}$ , mucho mayor al poder calorífico de la gasolina que es de  $43.44 \frac{MJ}{kg}$ , el oxihidrogeno es inyectado en el motor, haciendo que la temperatura de la combustión suba rápidamente y origine una pirolisis controlada capaz de eliminar toda la carbonilla acumulada en la cámara de combustión y en el sistema de gases.

El equipo de HHO inicia su trabajo cuando el motor está en marcha, inyectando el gas directamente en el interior del motor, donde se mezcla con el combustible existente, generando la reacción. Las características de este equipo se muestran en la tabla 3.

**Tabla 3**

*Características del equipo generador HHO Carbon Cleaner 6.0*

Proceso de limpieza	Gas
Presión del gas [Mpa]	$\leq 0.2$
	* <1.6L para 800-1000 L/H
Producción de gas	* 1.6-2.5L para 1000 15000L/H
	* >2.5L para 500-1900L/H
El consumo de agua[L/H]	0.8L/H
Temperatura de trabajo [T]	0-40° C
Tiempos de limpieza	20 min

*Nota:* La producción de gases se mide en litros/hora dependiendo la cilindrada de vehículo. KingKar Eco Technologies (2019)

Antes de encender el equipo e iniciar con el proceso se aplica un envase de 68 ml del agente líquido, cuyas características se muestran en la tabla 4.

**Tabla 4**

*Características del HHO Carbon Cleaner Agent*

Ingrediente	1. Cloruro de sodio. 2. Bórax 3. Aminoácidos 4. Agua
Uso	Mejorar el efecto de limpieza de carbono, proteger las piezas del motor.

*Nota.* Parámetros del líquido utilizado. Kingkar Eco-Technologies (2024)

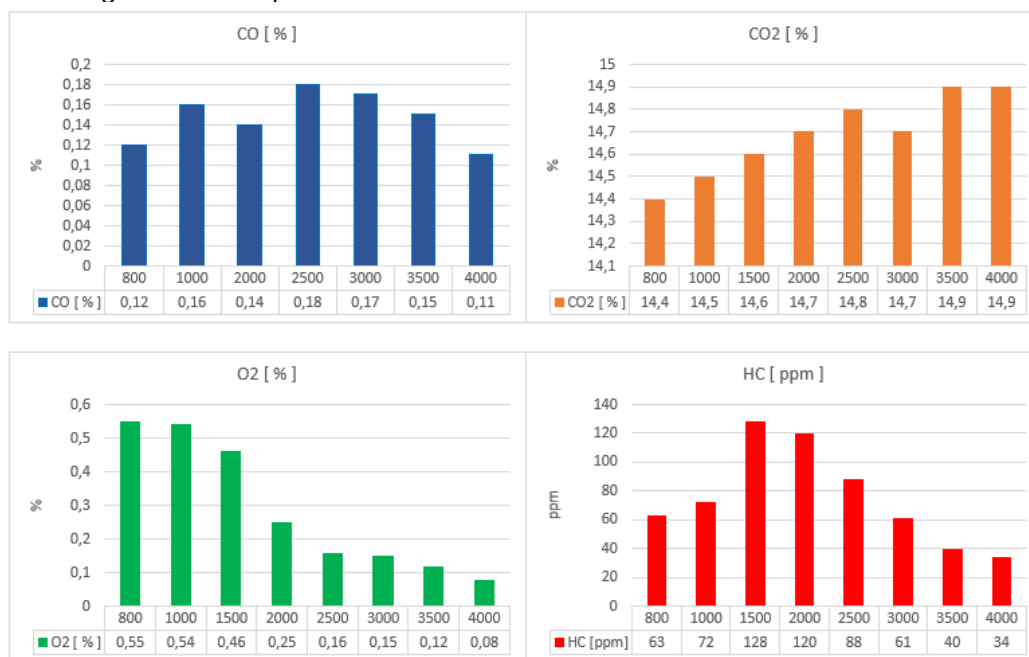
## Resultados y discusión

### Prueba estática de emisiones de gases (Condición 1)

La primera prueba para medir el nivel de emisiones de los gases contaminantes fue llevada a cabo antes de realizar el proceso de descarbonización de la cámara de combustión, el proceso se realizó tomando en consideración la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2349:2003, y se ejecutaron cinco repeticiones para obtener un promedio confiable, obteniendo los resultados que se presentan en la figura 7.

**Figura 7**

*Valores de los gases de escape CC1-3vias*



*Nota.* Datos de la prueba estática en una primera condición. Autores (2024)

Los valores obtenidos de la prueba reflejan que las emisiones de HC a 1500 rpm son de 128 ppm, siendo este valor el pico más elevado a bajas revoluciones, este

índice de emisiones puede tener relación con el estudio realizado por Saeed et al. (2021), en el que menciona que el impacto de los aditivos de combustible y los tratamientos de limpieza en las emisiones de motores de combustión interna, presentan al HC como principal contaminante a bajas revoluciones.

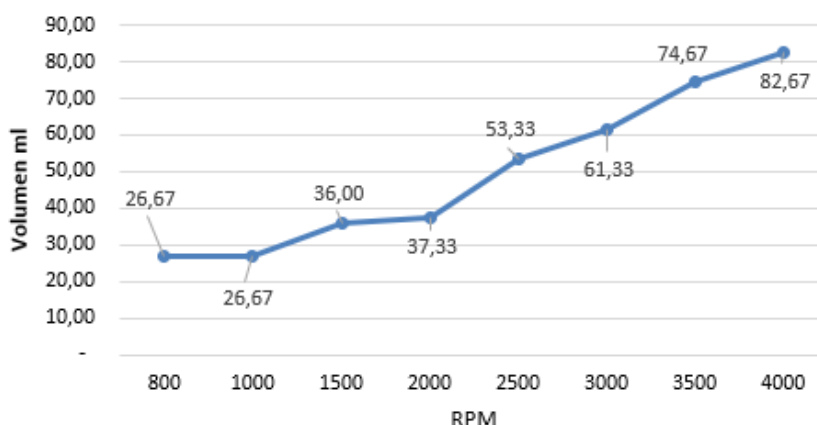
Además, en el mismo estudio los niveles de HC a 1500 rpm también fueron elevados, superando las 100 ppm, lo que refleja una tendencia común en los motores de combustión interna, que da a entender que, a bajas revoluciones, la combustión es menos eficiente, generando mayores cantidades de hidrocarburos no quemados.

### Prueba estática del consumo de combustible

Para la toma de datos del consumo de combustible se utilizó una balanza digital, donde tomamos en cuenta el volumen que se consume, en un periodo de 2 minutos cada 500 rpm, como se muestra en la figura 8.

**Figura 8**

Valores del consumo de combustible - condición 1



Nota. Datos de consumo en la primera condición. Autores, (2024)

### Prueba estática de emisiones de gases (Condición 2)

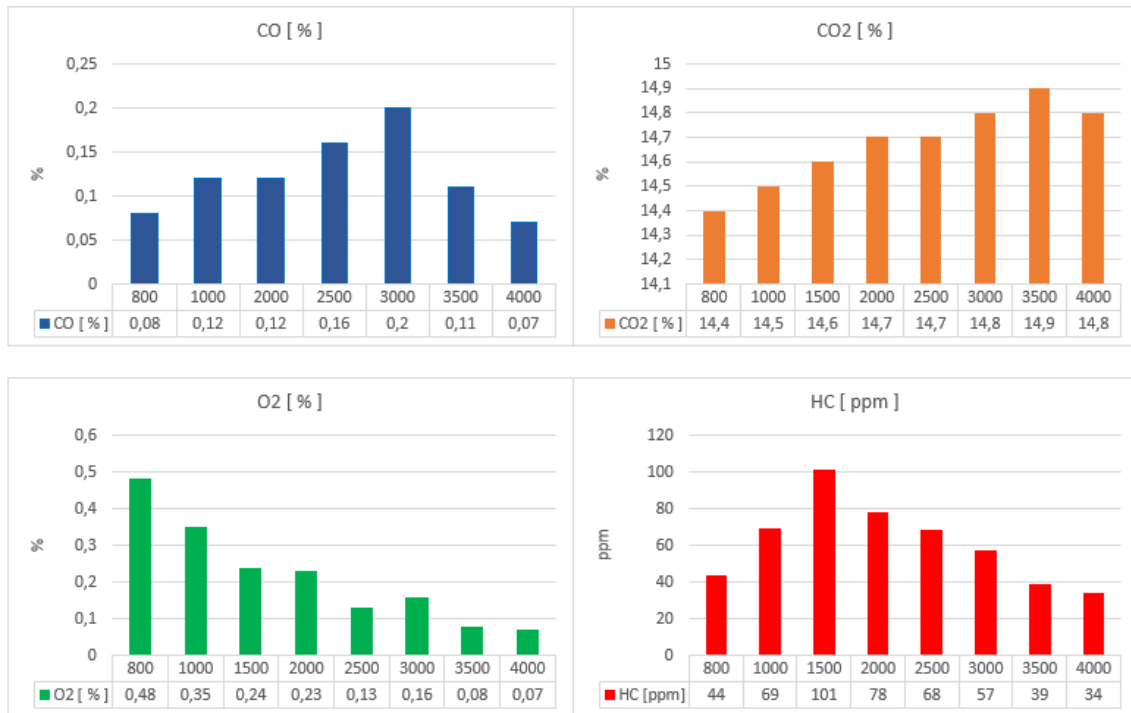
Luego de efectuar el proceso de descarbonización en la cámara de combustión, se hizo la prueba de los gases, bajo las mismas condiciones antes expuestas y con el uso de la normativa técnica ecuatoriana NTE INEN 2349:2003, en esta condición se ejecutó un muestreo de cinco repeticiones y en la figura 9 se muestra el promedio de los valores generados.

Los resultados obtenidos después de la descarbonización con HHO indica parámetros bajos en comparación con los que se obtiene en la figura 7 donde el valor del HC disminuye a 101ppm, en 1500 rpm. Estos resultados son comparables al estudio realizado por Zhao et al. (2024), que investigó la efectividad de la descarbonización con HHO en motores de combustión interna, donde, se observó una reducción significativa de HC después de someter a los motores a tratamientos de descarbonización, especialmente a bajas revoluciones por minuto (rpm), a pesar de que las emisiones de hidrocarburos son más altas debido a la combustión incompleta presente a bajas revoluciones. Los resultados mostraron una reducción de hasta 22% en las emisiones de HC a 1500 rpm después de aplicar el tratamiento de

descarbonización, lo que es consistente con la reducción del 21% observada en este estudio, de 128 ppm a 101 ppm.

**Figura 9**

Valores de los gases de escape CC2-3 vías



Nota. Datos de la prueba estática en una segunda condición. Autores, (2024)

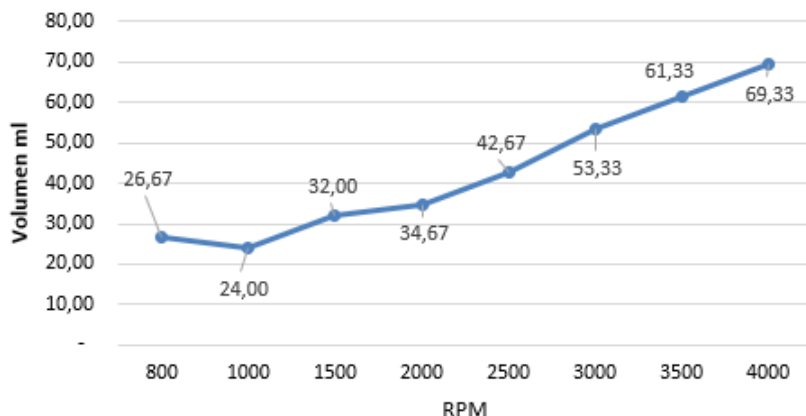
### Prueba estática del consumo de combustible

Luego del proceso de descarbonización, se realizó la toma de datos del consumo de combustible. En la figura 10 se observa los valores obtenidos, reflejando que hay un mejor rendimiento de combustible, ya que, la relación volumen/rpm es directamente proporcional, pero, con índices menores al de la condición 1.

Los resultados obtenidos tras las pruebas de los gases de escape, realizadas con el analizador AGS-688, mostraron una disminución en las emisiones después de la descarbonización de la cámara de combustión. Al comparar estos resultados con los límites establecidos en la norma NTE INEN 2204:2017 (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2017) se observa que los valores cumplen con los límites de referencia definidos.

**Figura 10**

Valores del consumo de combustible.



Nota. Datos de consumo en la segunda condición. Autores, (2024)

Esta norma establece los límites máximos permitidos para diversos gases contaminantes, como los hidrocarburos (HC) y monóxido de carbono (CO) que son 200ppm y 1.0% respectivamente. En la Tabla 5, se observan importantes reducciones en las emisiones de los gases de escape del vehículo tras la descarbonización de la cámara de combustión:

- Hidrocarburos (HC): De 75.75 ppm a 61.25 ppm, con una reducción del 19.3%.
- Monóxido de Carbono (CO): De 0.14% a 0.12%, con una reducción del 14.3%.
- Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>): De 14.69% a 14.68%, con una reducción del 0.07%.

El valor de CO de 0.12% está muy por debajo del límite máximo de 1.0%, establecido por la Norma NTE INEN 2204 para vehículos con motores de combustión interna. Esto indica que el vehículo cumple plenamente con los requisitos normativos para monóxido de carbono.

Los hidrocarburos (HC) presentan un valor de 61.25 ppm, que está por debajo del límite máximo de 100 ppm también establecido por la Norma NTE INEN 2204. Este cumplimiento refleja una mejora en la combustión y una disminución significativa de los contaminantes emitidos por el motor.

En general, los resultados obtenidos tras la descarbonización indican una mejora considerable en la eficiencia de la combustión y en el control de las emisiones del vehículo. El cumplimiento con los límites establecidos por la Norma NTE INEN 2204 para CO y HC, junto con la reducción de CO<sub>2</sub>, refleja el impacto positivo de la descarbonización en el desempeño ambiental del vehículo.

Este proceso no solo reduce las emisiones de gases contaminantes, sino que también contribuye a una combustión más eficiente, optimizando el uso del combustible y reduciendo la formación de contaminantes como la carbonilla. En términos generales, la limpieza de la cámara de combustión tiene un efecto directo en la reducción de la contaminación atmosférica, lo que resulta en un beneficio para el medio ambiente y la salud humana.

**Tabla 5**

*Emisiones de gases contaminantes comparados antes y después de la descarbonización*

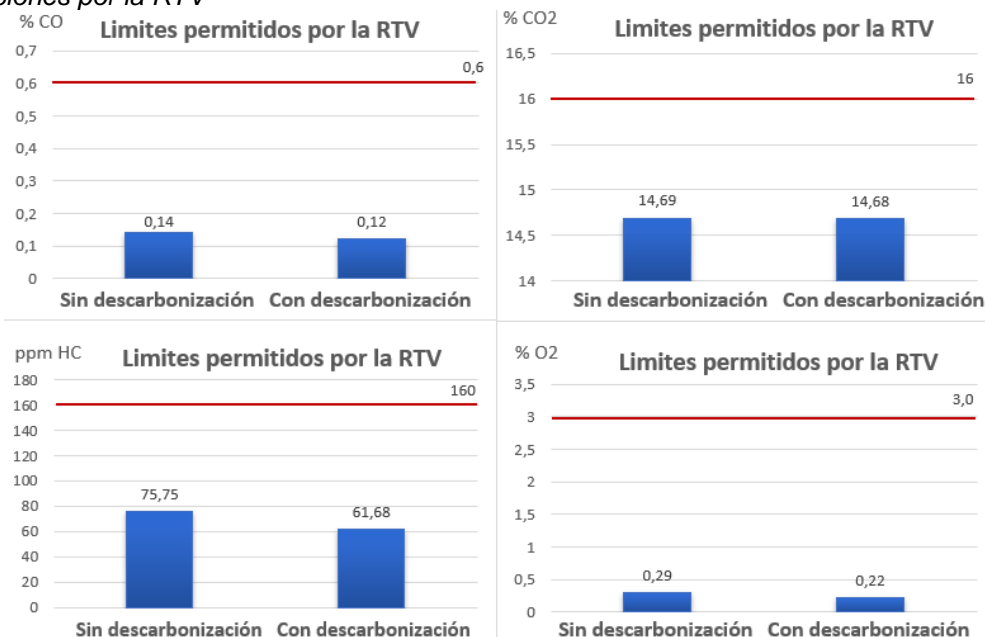
Emisiones de gases contaminantes				
Pruebas	%CO	%CO2	ppm HC	%O2
<b>Caso 1</b>	0.14	14.69	75.75	0.29
<b>Caso 2</b>	0.12	14.68	61.25	0.22
<b>Total</b>	<b>-0.02</b>	<b>-0.01</b>	<b>-14.5</b>	<b>-0.07</b>

*Nota.* Datos obtenidos de las emisiones contaminantes después de la descarbonización. Autores, (2024)

Las reducciones observadas en los gases contaminantes se encuentran por debajo de los límites establecidos, lo que demuestra que el proceso de descarbonización es efectivo en cumplir con los estándares normativos y mejorar la calidad de las emisiones, figura 11

**Figura 11**

*Delimitaciones por la RTV*



*Nota.* Datos comparativos con y sin descarbonización. Autores, (2024)

Estos resultados son consistentes con los hallazgos de Saeed et al. (2021), quienes también estudiaron el impacto de métodos de limpieza en motores de combustión interna. En su investigación, observaron mejoras en la reducción de emisiones, especialmente en hidrocarburos y monóxido de carbono, después de aplicar tratamientos de limpieza, como el uso de aditivos de combustible y dispositivos de limpieza. En particular, Saeed et al. reportaron reducciones de hasta un 21% en las emisiones de HC y 14% en CO, resultados que coinciden bastante con los hallazgos de este estudio, donde los hidrocarburos disminuyen en un 19.3% y el monóxido de carbono en un 14.3%.

Otro de los objetivos de este análisis, fue comprobar si el método de limpieza no invasivo mejora la eficiencia del combustible. Después de realizar las dos pruebas con 7.00 litros de combustible total, los resultados que se obtuvieron en la condición

1 durante aproximadamente 16 minutos, es que, hubo un consumo de 299 ml de combustible, lo que representa el 4.27% del peso inicial. En la condición 2 en el mismo periodo de tiempo, se consumió 258 ml de combustible lo que representa el 3.69% del peso inicial. La comparativa de este consumo se ve representado en la tabla 6.

Los resultados obtenidos en este análisis sobre el método de limpieza no invasivo (reducción del consumo de combustible del 4.27% al 3.69%) son similares en tendencia con los resultados de Khan et al. (2020), que mostraron mejoras en la eficiencia de combustible de hasta un 7%.

**Tabla 6**

*Consumo de combustible antes y después de la descarbonización*

Tiempo	RPM	1 prueba	2 prueba
2 min.	800	20 ml	20 ml
2 min	1000	20 ml	18 ml
2 min	1500	27 ml	24 ml
2 min	2000	28 ml	26 ml
2 min	2500	40 ml	32 ml
2 min	3000	46 ml	40 ml
2 min	3500	56 ml	46 ml
2 min	4000	62 ml	50 ml
<b>Total</b>		<b>299 ml</b>	<b>258 ml</b>

*Nota.* Datos comprados del consumo de combustible antes y después de haber ejecutado la descarbonización con el equipo HHO. Autores (2024)

En la figura 12, se observa que, en la primera condición, el consumo de gasolina es mayor a 2500 rpm, disminuyendo tras la descarbonización de 53,33 ml a 42,67 ml, lo que refleja una reducción notable. Un comportamiento similar se presenta a 4000 rpm, donde se registra una diferencia de 13,34 ml en el consumo. Esto resulta en una mejora total del 16,13% en el rendimiento del combustible.

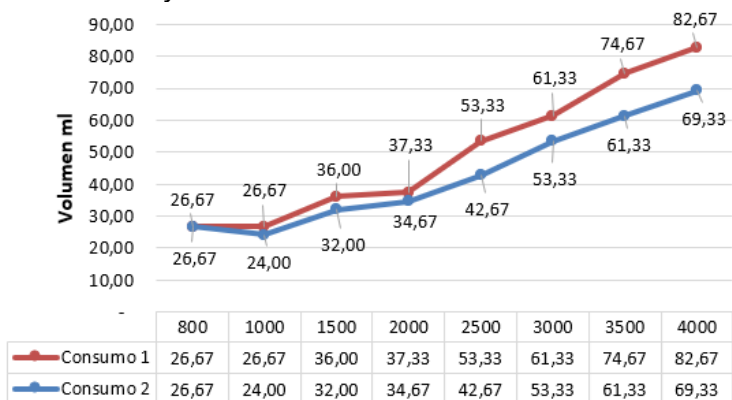
Los resultados obtenidos en este análisis, que muestran una disminución en el consumo de combustible tanto a 2500 rpm como a 4000 rpm después de la descarbonización, son consistentes con los hallazgos de Saeed et al. (2022). En su estudio, donde reportaron mejoras en la eficiencia del combustible que oscilaban entre un 15% y 18% a 2500 rpm, y reducciones significativas en el consumo a rpm más altas (como 4000 rpm).

Estos resultados refuerzan la idea de que el tratamiento de descarbonización no solo optimiza el rendimiento del motor, sino que también contribuye a una reducción del impacto ambiental al mejorar la eficiencia de combustión y disminuir las emisiones contaminantes.

Este análisis sugiere que la descarbonización, al mejorar la eficiencia del motor, puede ser una herramienta valiosa para lograr motores más sostenibles, tanto en términos de rendimiento como de reducción de contaminantes.

**Figura 12**

Valores de consumo condición 1 y 2

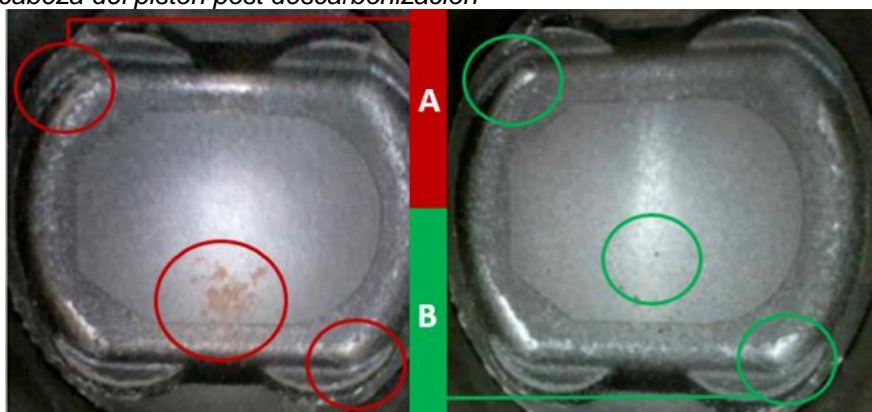


Nota. El consumo de combustible y su variación después de haber realizado la limpieza del motor.  
 Fuente: Autores, (2024)

La descarbonización de las cámaras de combustión elimina una mayor cantidad de residuos en forma de carbonilla, que podrían afectar al rendimiento del motor, así como pérdidas de combustible innecesarias que afectan no solo al vehículo, sino también a la economía del propietario. Se observa en la figura 13, que la limpieza a través del oxígeno-hidrógeno, ayudó a eliminar la carbonilla en la cabeza de los pistones. Lo que se traduce en un mejor rendimiento de este.

**Figura 13**

Estado de la cabeza del pistón post descarbonización



Nota. Imagen que permite visualizar el estado de los pistones antes de después de haber ejecutado la descarbonización. Autores, (2024)

## Conclusiones

Los resultados indican que el uso del equipo generador HHO Carbon Cleaner 6.0 durante la descarbonización, contribuye a optimizar el rendimiento del motor, ya que, el hidrógeno que utiliza el equipo actúa como un agente de limpieza, destruyendo los depósitos de carbonilla acumulados. Por otro lado, el oxígeno mejora la eficiencia de la combustión, permitiendo una quema más completa del combustible y reduciendo así las emisiones de gases contaminantes.

En las emisiones contaminantes tenemos una mayor reducción de los HC en un 19.14ppm, luego del CO en un 14.28%, el CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub> con un 0.06% y 24.13% respectivamente, esto se debe a que redujo la carbonilla en las partes que intervienen en la combustión que son: los electrodos de las bujías, asiento de las válvulas, cámara de combustión y la cabeza de los pistones, teniendo así una mejor eficiencia de quemado de combustible dentro de la cámara de combustión. Se evidencia que, gracias al proceso de limpieza no invasivo para el motor, hay un rendimiento apreciable en cuanto al consumo de combustible del 16.13%.

## Referencias

- BRAIN BEE Emission. (2019). *Instrumentos para el Control de las Emisiones*. Obtenido de MAHLE: [https://www.brainbee.mahle.com/media/brainbee/product-lines/emission/depliant/es\\_brain-bee-emission-line.pdf](https://www.brainbee.mahle.com/media/brainbee/product-lines/emission/depliant/es_brain-bee-emission-line.pdf)
- Colcha, F., Palacios, W., Mero, A., & Guachá, V. (2023). Determinación de un ciclo de conducción eficiente para la ciudad de Esmeraldas. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*. Volumen 7, Número 2., 6-13.
- Flores, J. (10 de septiembre de 2018). *Repositorio ESPE*. Obtenido de "Construcción de un limpiador de inyectores tipo canister y un descarbonizador del sistema de admisión para motores a gasolina, para la unidad de gestión de tecnologías-ESPE": <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/24485/1/M-ESPEL-MAT-0066.pdf>
- HHO carbon cleaner. (2023). *DESCARBONIZACIÓN*. Obtenido de <https://www.hhocarboncleaner.cl/descarbonizacion.html>
- IFEMA. (14 de febrero de 2017). *HHO Carbon Cleaner 6.0, la descarbonizadora de motor más avanzada del mundo*. Obtenido de <https://www.ifema.es/motortec/noticias/exp/hho-carbon-cleaner-60--la-descarbonizadora-de-motor-mas-avanza>
- Informe de Calidad de Vida. (diciembre de 2022). *Información sobre medio ambiente Quito Cómo Vamos 2022*. Obtenido de [https://quitocomovamos.org/wp-content/uploads/2022/12/06Factsheet\\_MedioAmbiente2022.pdf](https://quitocomovamos.org/wp-content/uploads/2022/12/06Factsheet_MedioAmbiente2022.pdf)
- KingKar Eco Technologies. (14 de enero de 2019). *HHO carbon cleaner Double Cleaning, Double Benefits*. Obtenido de [https://drive.google.com/drive/folders/136OTgduz\\_csRS1ZNiKCSC45lcpPB86P6](https://drive.google.com/drive/folders/136OTgduz_csRS1ZNiKCSC45lcpPB86P6)
- LITARDO, K., & LÓPEZ, D. (12 de septiembre de 2023). *Análisis para el reacondicionamiento de catalizadores de 3 vías en los vehículos con motor a gasolina*. Obtenido de Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana : <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/25852/1/TTS1484.pdf>
- Parra, F., & Sarmiento, S. (22 de julio de 2020). *Evaluación del comportamiento de un motor de combustión con mezcla de hidrógeno en el proceso de admisión de combustible en la ciudad de Bogotá*. Obtenido de Repositorio Universidad Distrital Francisco José de Caldas
- Rerdaccion TLW. (20 de junio de 2023). ¿Cómo afecta la industria automotriz al medio ambiente? Una revisión de los principales desafíos. *The Logistics World*.
- Vintimilla, P. (febrero de 2015). *Análisis de resultados de la medición de emisiones de gases contaminantes de fuentes móviles a partir de la implementación de la*

- revisión técnica vehicular en el cantón Cuenca*. Obtenido de Repositorio Universidad Politécnica Salesiana
- Patiño, M., Parra, A. & Borge, R. (28 de julio 2022). *On-road vehicle emission inventory and spatial and temporal distribution in the city of Guayaquil, Ecuador*. Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157664>.
- United States Environmental Protection Agency [EPA], (2024). *Emisiones de gases de efecto invernadero de un vehículo de pasajeros típico*. Obtenido de <https://www.epa.gov/greenvehicles/greenhouse-gas-emissions-typical-passenger-vehicle>
- Organismo de Normas Técnicas del Ecuador. (2017). NTE INEN 2204:2017 - Vehículos automotores con motor de combustión interna - Límites de emisiones contaminantes de los gases de escape. Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN).
- Khan, M. S., Ali, S., & Zaman, M. (2020). Fuel efficiency improvement in internal combustion engines using hydrogen cleaning devices. *International Journal of Hydrogen Energy*, 45(25), 13913-13922. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2020.04.199>.
- Saeed, M., Khan, M. S., & Ali, S. (2022). Impact of Engine Carbon Cleaning on Fuel Efficiency and Emissions in Spark Ignition Engines. *Journal of Cleaner Production*, 331, 129988. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129988>.
- Zhao, X., Liu, H., & Zhang, Y. (2024). Effectiveness of HHO decarbonization treatments in internal combustion engines for reducing hydrocarbon emissions and improving fuel efficiency. *Journal of Energy and Environmental Technology*, 56(2), 132-145. <https://doi.org/10.1016/j.jeet.2024.03.005>
- Saeed, M. S., Khan, M. S., & Zaman, M. (2021). Impact of fuel additives and cleaning treatments on emissions of an internal combustion engine. *Energy Reports*, 7, 455–464. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2021.01.080>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (2003). NTE INEN 2349:2003: Emisiones de gases contaminantes de los vehículos automotores con motores de combustión interna. Métodos de prueba. INEN.