

DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN CATALIZADOR DE CARBÓN ACTIVO Y PIEDRA PÓMEZ

Edwin Rolando Guamán Narváez

eguaman@istct.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6305-6242>

Instituto Superior Universitario Central Técnico - Ecuador

Abrahan Mesías Jorque Rea

ajorque@istct.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4235-9604>

Instituto Superior Universitario Central Técnico - Ecuador

Cristian Mauricio Beltrán Chamba

cbeltran@istct.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8127-3913>

Instituto Superior Universitario Central Técnico - Ecuador

Recibido: 01/11/23

Aceptado: 10/12/23

Publicado: 01/01/24

RESUMEN

Las emisiones post combustión de los vehículos contribuyen al calentamiento global. Por ello, se han desarrollado varios componentes mecánicos, electrónicos y químicos para tratar de reducir estas emisiones. En estos están los catalizadores que tienen la misión de filtrar las partículas contaminantes antes que salgan al medio ambiente. El objetivo del estudio fue diseñar, construir, implementar y evaluar un catalizador con tecnología alternativa debido a los altos costos de los materiales actualmente utilizados. El estudio se lo realizó bajo el método experimental, en un vehículo Chevrolet Aveo, uno de los más comerciales en el Ecuador. Las pruebas fueron realizadas en el Laboratorio Institucional de Análisis de Vehículos y Movilidad Sostenible (LIAVMS) de la Escuela Politécnica Nacional del Ecuador, bajo la normativa NTE INEN 2204. Se tomaron tres mediciones con el catalizador original y tres mediciones con el prototipo elaborado e implementado en el vehículo de estudio. Se concluye determinando la disminución de gases contaminantes como el Monóxido de Carbono (CO) de 0,09% a un 0,00% en volumen, hidrocarburos (HC) de 27,5 a 16 ppm (partículas por millón), un aumento de las emisiones de CO₂ y una reducción del índice de oxígeno de 0,06. Esto permite señalar que el prototipo cumple la función de reducir los gases contaminantes hacia la atmósfera.

PALABRAS CLAVE: catalizador, piedra pómez, carbón activo, gases de escape, reducción de gases contaminantes.

DESIGN, CONSTRUCTION AND IMPLEMENTATION OF AN ACTIVATED CO₂ CATALIZER AND POMECE STONE

ABSTRACT

Post-combustion emissions from vehicles contribute to global warming. Therefore, several mechanical, electronic and chemical components have been developed to try to reduce these emissions. In these are the catalysts that have the mission of filtering the polluting particles before they are released into the environment. The aim of the study was to design, construct, implement and evaluate an alternative technology catalyst due to the high costs of the materials currently used. The study was conducted under the experimental method, in a Chevrolet Aveo, one of the most commercial vehicles in Ecuador. The tests were carried out at the Institutional Laboratory for Vehicle Analysis and Sustainable Mobility (LIAVMS) of the Escuela Politécnica Nacional del Ecuador, under the NTE INEN 2204 regulation. Three measurements were made with the original catalyst and three with the prototype developed and implemented in the study vehicle. It concludes by determining the decrease in polluting gases such as carbon monoxide (CO) from 0.09% to 0.00% in volume, hydrocarbons (HC) from 27.5 to 16 ppm (particles per million), an increase in CO₂ emissions and a reduction in the oxygen index by 0.06. This suggests that the prototype fulfils the function of reducing polluting gases into the atmosphere.

KEY WORDS: catalyst, pomegranate, active charcoal, exhaust gases, reduction of polluting gases.

1. INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, el transporte de alimentos y personas ha aumentado significativamente en las ciudades. Esto ha agravado los problemas de contaminación del aire debido a los gases contaminantes emitidos. Los principales contaminantes generados por el transporte incluyen monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NOx) e hidrocarburos no quemados (HC). Es importante destacar que estos gases se liberan en mayores cantidades cuando los componentes mecánicos y electrónicos del vehículo están en mal estado. El catalizador, que es crucial para la reducción de gases contaminantes, no puede recibir mantenimiento preventivo, por lo tanto, se reemplaza completamente para asegurar que el sistema de control de emisiones funcione de manera óptima. En la Tabla 1 se muestra el número de vehículos que aprobaron la revisión técnica vehicular en el Distrito Metropolitano de Quito (D.M.Q.), según la Agencia Metropolitana de tránsito para los años desde el 2014 hasta el 2019, los que pueden ser usuarios potenciales de nuestro prototipo.

Tabla 1

Autos aprobados por la revisión técnica vehicular por año.

Año fiscal	Número de autos aprobados la revisión técnica vehicular
2014	348990
2015	399842
2016	363397
2017	431807
2018	421078
2019	465900

Fuente: (AMT, 2019).

En el D.M.Q., el costo de los catalizadores sobrepasa los 120 dólares. Por ende, se buscó brindar una alternativa a los propietarios de los vehículos, ya que debido al alto costo optan por solo alquilar un catalizador momentáneamente para aprobar la revisión técnica vehicular. Este prototipo propuesto en la investigación puede ser una opción mucho más económica, utilizando materiales orgánicos que ofrezca igual o más beneficios que el catalizador habitual.

2. ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS / MATERIALES Y MÉTODOS

La primera fase del trabajo se elaboró utilizando el método bibliográfico, para determinar el tipo de vehículo de prueba y los materiales que pueden reemplazar al platino, rodio y paladio que se utilizan en la reducción de gases contaminantes generados por el motor de combustión interna a gasolina (Naula y Tomalá, 2018). En la segunda fase, se utilizó el método científico para identificar si la reacción química de los materiales usados en esta investigación cumplía efectivamente su propósito. En la tercera fase, se desarrollaron los planos para el

prototipo del catalizador utilizando el software *Inventor*, versión estudiantil. En la cuarta fase, se utilizó el método experimental para la recopilación de datos generados en el banco de pruebas de emisiones, bajo normativa NTE INEN 2204 realizadas por el Centro de Transferencia Tecnológica para la Capacitación e Investigación en Control de Emisiones Vehiculares (CCICEV) de la Escuela Politécnica Nacional del Ecuador, para el diseño original y el prototipo generado. Por último, se utilizó el método comparativo para evaluar la efectividad del prototipo implementado con el catalizador original del vehículo (Borja et al., 2019).

Selección del vehículo

La elección del vehículo se basó en las características del parque automotor nacional, teniendo en cuenta que el Distrito Metropolitano de Quito (D.M.Q) es el ente más representativo en automotores. Se prefieren un vehículo de marca Chevrolet, por ser la marca más vendida por varios años en el país, que ha llegado a una participación del 34.8 % en ventas en el año 2017 (Llanes et al., 2018). Se selecciona el automóvil Chevrolet Aveo 1600 cc año 2010, debido a que es el modelo más comercializado en la actualidad. En la Tabla 2 se detallan los datos técnicos del vehículo seleccionado.

Tabla 2

Datos técnicos del vehículo seleccionado.

Datos generales	
Marca	CHEVROLET
Modelo	AVEO EMOTION ADVANCE 1.6L GLS
VIN	8LATW5263B0103186/PBT2355
Año	2011
Motor	Delantero transversal
# De cilindros	4
Transmisión	Manual
Cilindraje	1600 cm ³
Potencia	103HP @ 6000RPM
Torque	14,70KgM@ 3600RPM

Fuente: autoría propia.

Determinación de materiales alternativos

Para la determinación de los materiales que se podían utilizar para reemplazar los materiales no renovables como el platino, rodio y paladio, se realizó una revisión bibliográfica de los materiales orgánicos que tienen propiedades filtrantes y los cuales sean, a la vez, más amigables con el medio ambiente.

El carbón activo es un tipo de carbón especialmente poroso que tiene la cualidad de atrapar diferentes compuestos como metales pesados, gases, toxinas, Guamán Narváez, E., Jorjue Rea, A. y Beltrán Chamba, E. (2024). Diseño, construcción e implementación de un catalizador de carbón activado y piedra pómez. *Revista Cotopaxi Tech*, 4(1), 118-134. <http://ojs.istx.edu.ec/index.php/cotopaxitech/article/view/121>
Enero - junio (2024)
ISSN 2806-5573

algunas proteínas y productos de desecho y se los observa en la Figura 1 (Rodríguez et al., 2018).

Figura 1

Carbón activo.



Fuente: (Rodríguez et al., 2018).

Desde la perspectiva de su composición química, el carbón activo es casi puro, al igual que el diamante, el grafito, el negro de humo y varios tipos de carbón mineral o de leña. Todos ellos poseen la propiedad de adsorber, que consiste en un fenómeno fisicoquímico en el que un sólido llamado adsorbente atrapa en sus paredes a cierto tipo de moléculas, llamadas adsorbatos y que están contenidas en un líquido o gas (Coleman, 2016). Su composición química se describe en la Tabla 3, mostrada a continuación:

Tabla 3

Composición química del carbón activo.

Material	Porcentaje [%]
Carbono	75-80
Cenizas	5-10
Oxígeno	60
Hidrógeno	0.5

Fuente: (Coleman, 2016).

Los contaminantes en estado gaseoso poseen un diámetro molecular muy pequeño, por lo que se pueden absorber fácilmente en microporos. Los carbones más utilizados en el proceso de purificación de aire y gases son los encontrados en la concha de coco ya que estos poseen mayor microporosidad. De la misma manera, la piedra pómez es un tipo de piedra volcánica que se produce cuando la lava volcánica es expulsada desde el volcán con un alto porcentaje de agua y de gases volátiles (Figura 2).

Figura 2*Piedra pómez.**Fuente: (Coleman, 2016).*

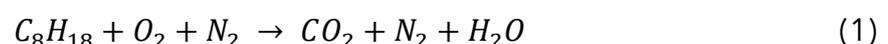
Cuando esta se enfría se endurece y pasa de ser un material espeso a ser un sólido relleno de peñas burbujas de gas. Suele ser de color blanco y es resistente al frío, al fuego, a la intemperie y está libre de sales solubles en agua (Jiménez, 2017). Este elemento permitirá generar la protección térmica para el carbón activo utilizado. En la Tabla 4 se data la composición química de la piedra pómez.

Tabla 4*Descomposición en sus elementos de la piedra pómez.*

Análisis químicos (promedios habituales) [%]	
Dióxido de silicio (SiO ₂)	74
Óxido de aluminio (Al ₂ O ₃)	12,6
Óxido de hierro (FeO)	1,2
Sodio	2,1
Potasio	3,0
Calcio	0,7
Dióxido de titanio	0,1
Óxido de magnesio	0,3
Agua	3,4

*Fuente: (Coleman, 2016)***Reacción química del carbón activado con los gases emitidos por el vehículo**

Para identificar si los materiales alternativos usados darían resultado, se investigó la reacción química que se produce al combinar los gases residuales de la combustión con estos materiales, obteniendo la ecuación mostrada a continuación:



Donde:

C_8H_{18} = Gasolina u Octano

O_2 = Oxígeno

N_2 = Nitrógeno

CO_2 = Dióxido de carbono

H_2O = Agua

Diseño

El diseño de los elementos que conforman el catalizador se realizó con la ayuda del software *Inventor*, que permitió realizar el modelamiento de partes a escala real. Gracias a esto, se pudo tener cada uno de los elementos que conforman el catalizador con medidas a escala real. A partir del diseño original del catalizador, se dispone un diseño similar, el mismo que se respetará para no afectar al flujo de salida de los gases. De esta manera, no afectará al correcto funcionamiento establecido por el fabricante.

Diseño de la carcasa. El diseño de la carcasa del catalizador se realizó en el software *Inventor 2018*, con las medidas externas e internas similares del catalizador original del vehículo Aveo, tal como aparece en la Figura 3.

Figura 3

Estructura del catalizador y su designación de partes.



Fuente: autoría propia.

Las partes que constituyeron el ensamble del catalizador se realizaron de manera artesanal, por lo que se acoplaron sus dimensiones a los requerimientos de acoplamiento para el tubo de escape, con los siguientes detalles:

- A. Cuerpo del catalizador: el cuerpo del catalizador tendrá una longitud de 178 mm y un radio de 57 mm, empleando un tubo de grosor de 4 mm.
- B. Para el tubo perforado se considera un tubo de espesor 1,2 mm, un radio externo de 22 mm, un radio interno de 20,80 mm y una altura de 178 mm. Para las perforaciones del tubo se usó una broca M8x1,25 que corresponde a un diámetro de broca agujero de 6,8 mm.

Guamán Narváez, E., Jorque Rea, A. y Beltrán Chamba, E. (2024). Diseño, construcción e implementación de un catalizador de carbón activado y piedra pómez. *Revista Cotopaxi Tech*, 4(1), 118-134. <http://ojs.istx.edu.ec/index.php/cotopaxitech/article/view/121>

Enero - junio (2024)

ISSN 2806-5573

- C. La tapa que estará al contacto del ingreso de los gases de escape tendrá una perforación interna de 22 mm y un diámetro exterior de 57 mm. De igual manera, se utilizó la misma broca de perforación M8x1,25.
- D. Para la parte que funcionará como tapa superior e inferior se utilizará un cono que tendrá las siguientes medidas: su radio inferior tendrá la misma medida que el cuerpo del catalizador, por lo tanto, tendrá un radio de 57 mm, y la circunferencia interna tendrá un radio de 23mm y con un alto de 44 mm.
- E. Para la circunferencia que encierra los gases de escape para que se produzca la catálisis, se toma en cuenta el radio de 2,97 mm y las perforaciones con la broca M8x1,25.
- F. Tubos para acoplamiento del catalizador con el sistema de escape

Material asignado. El material usado para todo el conjunto fue el acero inoxidable AISI 304, más liviano y resistente en la fatiga térmica (Guamán et al., 2019), además, está disponible en el mercado y se detalla en la Tabla 5.

Tabla 5

Propiedades del acero inoxidable AISI 304.

Acero inoxidable AISI 304	
Conductividad térmica [m.k]	1,620E+0.1
Calor específico [J/G.°C]	0,500
Coefficiente de dilatación térmica [m.°C]	17,300µm
Módulo de Young [Mpa]	195,000
Coefficiente de Poisson	0.29
Módulo Cortante [Mpa]	86000,000
Densidad [g/cm ³]	8,000
Límite de elasticidad [Mpa]	215,000
Resistencia a la tracción [Mpa]	505,000

Fuente: (Inventor, 2018).

Construcción del catalizador

Para el proceso de construcción, se procedió a soldar la tapa cónica al cuerpo del catalizador con suelda *mig* ya que este elemento será sometido a altas temperaturas de funcionamiento, no se desea ninguna fuga y que su cierre sea hermético, tal como es muestra en la Figura 4a. Seguidamente, se procedió a soldar los demás componentes como la tapa inferior, seguida al tubo perforado; acto seguido, se llenará el tubo con el carbón y la piedra pómez, tal como se muestra en la figura 4b.

Figura 4 a y b

Elaboración de partes del catalizador.

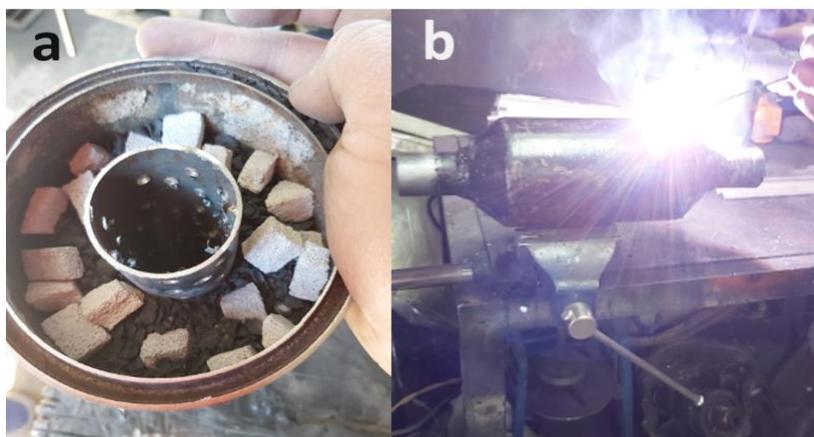


Fuente: autoría propia.

Cabe recalcar que para todo el armado del catalizador se utilizó suelda mig, que permite un mejor cierre hermético, aparte de no dejar residuos en el cordón de soldadura, siendo más precisa para el trabajo que se realiza. Luego, se procedió a llenar la parte del cuerpo del catalizador: se utilizaron alrededor de 200 gramos de carbón activado y cuatro planchas de piedra pómez, que fueron cortadas en cuadros de 2x2 cm como aparece en la figura 5a. Además, se procedió al cierre del catalizador con la tapa cónica y quedó listo para las pruebas de funcionamiento, tal como aparece en la figura 5b. Por último, se soldó el tubo que conecta el catalizador al resto del sistema de escape de prueba. En el caso de la investigación se tuvo que extender el tubo alrededor de unos 50 cm aproximadamente.

Figura 5 a y b

Colocación de carbón activo y sellado del catalizador.



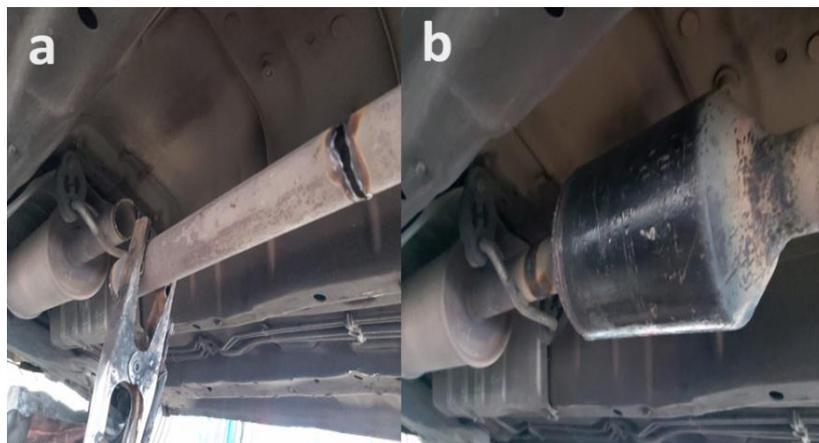
Fuente: autoría propia.

Instalación del catalizador en el vehículo.

Para la instalación se tomó en cuenta que el catalizador no podía ser instalado en el lugar de fábrica, ya que las altas temperaturas de funcionamiento del automotor hacían que el carbón activo se evapore. Por ello, se destinó el lugar de instalación luego del pre silenciador que lleva el automóvil de prueba, tal como aparece en la figura 6a. Luego de retirada la tubería, se procede a soldar el catalizador en sus dos extremos, cuidando que no existan fugas en el cordón de soldadura, figura 6 b.

Figura 6

Adaptación del catalizador en el sistema de escape del vehículo.



Fuente: autoría propia.

3. RESULTADOS

Para el análisis de la eficiencia del catalizador, se realizaron pruebas de funcionamiento medidas por un analizador de gases en un ensayo de prueba en condiciones estáticas, las mismas que se realizaron en el Laboratorio Institucional de Análisis de Vehículos y Movilidad Sostenible (LIAVMS) de la Escuela Politécnica Nacional del Ecuador. Dicha entidad certifica mediante memo recibido CCICEV-CER-TESIS19-008 que el vehículo detallado fue evaluado por verificación, en el ensayo de pruebas de emisiones bajo normativa NTE INEN 2204. Las pruebas se realizaron en 2 condiciones: utilizando el catalizador original del vehículo y utilizando el catalizador compuesto por piedra pómez y carbono activo.

Las pruebas en las cuales se utilizó el catalizador original generaron los resultados descritos en la Tabla 6.

Tabla 6

Resultado del análisis de gases con el catalizador original.

PARÁMETROS	PRUEBAS ESTÁTICAS NTE INEN 2204					
	Condición 1		Condición 2		Condición 3	
	Ralentí	rpm alta	Ralentí	rpm alta	Ralentí	rpm alta
CO (%v)	0.01	0.09	0.01	0.13	0.01	0.05
CO ₂ (%v)	14.63	15.26	14.58	14.77	14.51	15.03
CO corregido (%v)	0.01	0.09	0.01	0.13	0.01	0.05
HC (ppm)	19	20	21	58	21	28
O ₂ (%v)	0.8	0.17	0.82	0.97	0.83	0.19
Λ (Lambda)	1.037	1.005	1.038	1.042	1.038	1.007
RPM	820	2540	830	24540	820	2570

Fuente: (CCISEV, 2019).

Los valores obtenidos con el segundo catalizador, es decir, con el catalizador de prueba, muestran otros resultados descritos en la Tabla 7.

Tabla 7

Resultado del análisis de gases con el catalizador de carbón activo.

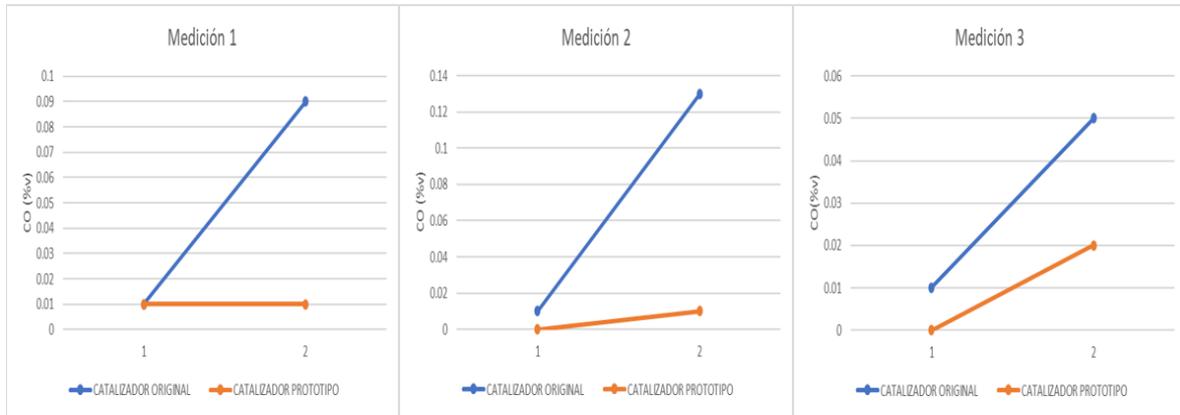
PARÁMETROS	PRUEBAS ESTÁTICAS NTE INEN 2204					
	Medición 1		Medición 2		Medición 3	
	Ralentí	rpm alta	Ralentí	rpm alta	Ralentí	rpm alta
CO [%v]	0.01	0.01	0	0.01	0	0.02
CO ₂ [%v]	14.86	15.16	14.88	15.21	14.83	15.11
CO corregido [%v]	0.01	0.01	0	0.01	0	0.02
HC [ppm]	13	16	22	16	20	17
O ₂ [%v]	0.56	0.13	0.49	0.15	0.52	0.14
Lambda [λ]	1.025	1.005	1.022	1.006	1.023	1.005
RPM	820	2520	840	2500	800	2570

Fuente: (CCISEV, 2019).

Los valores de CO en (%v) que se generaron en la primera, segunda y tercera medición, se muestran en la Figura 7.

Figura 7

Valores de CO en la medición 1, medición 2 y medición 3.



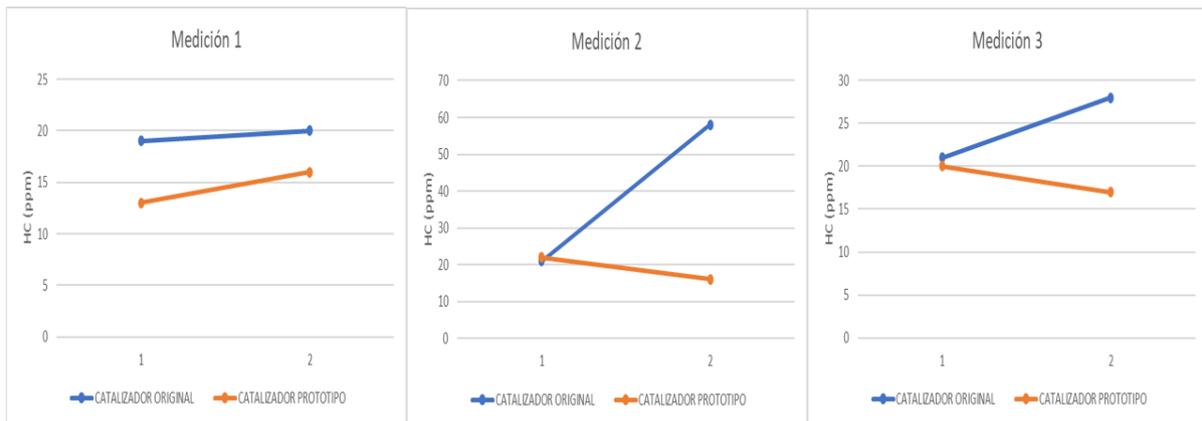
Fuente: autoría propia.

La reducción en la primera medición va de 0,09% con el catalizador original a 0,01% con el catalizador prototipo. En la segunda medición, se obtiene un valor de 0,12% con el catalizador original y 0,01% con el catalizador prototipo. Por último, en la tercera medición se muestra una reducción del 0,05% a 0,02% de volumen de CO.

Los valores que resultaron de la primera, segunda y tercera medición de HC se muestran a continuación en la figura 8.

Figura 8

Valores de HC en la medición 1, 2 y 3, con el catalizador original y el prototipo.



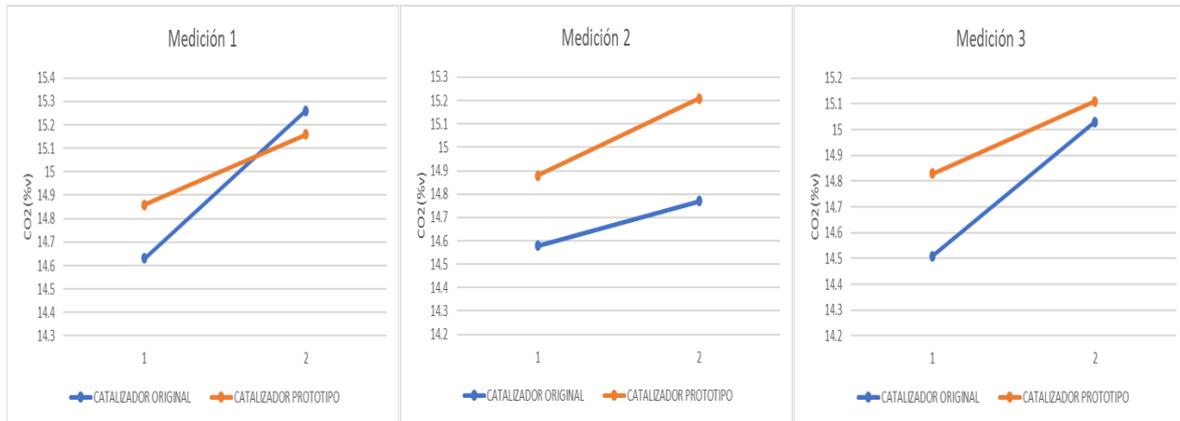
Fuente: autoría propia.

Los hidrocarburos se reducen de 20ppm a 16ppm en la primera medición; en la segunda medición se reducen de 60ppm a 15ppm y en la tercera medición se reducen de 27,5ppm a 16ppm.

Los valores que resultaron de la medición de CO₂ se grafican a continuación en la Figura 9.

Figura 9

Valores de CO₂ en la medición 1.



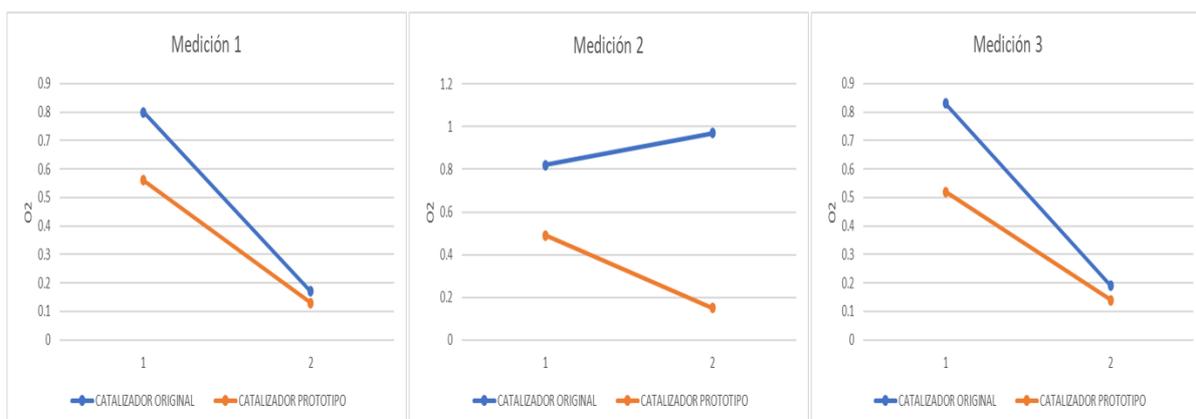
Fuente: autoría propia.

En los valores de CO₂, en cambio, los resultados no presentaron solo disminución, sino también incrementos. En la primera medición se obtuvo un valor de 15,26% con el catalizador original, mientras que con el catalizador prototipo fue de 15,16%; en la segunda medición, en cambio, se llegó al valor de 15,2% con el catalizador prototipo mientras que con el catalizador original se alcanza un valor de 14,80%; finalmente, en la tercera medición, se observa que el valor de CO₂ con el catalizador prototipo alcanza un 15,1% mientras que con el catalizador original alcanza un valor de 15,02%.

Los valores que se obtuvieron en la primera, segunda y tercera medición de O₂ se representan respectivamente en la Figura 10.

Figura 10

Valores de O₂ en la medición 1,2 y 3.



Fuente: autoría propia.

Los valores de oxígeno, en la primera medición, tiene un valor de 0,14% con el catalizador prototipo, mientras que con el catalizador original se obtiene un valor de 0,18%; en la segunda medición, en cambio, se obtiene un valor de 0,18% con el catalizador prototipo, mientras que con el catalizador original se tiene un 0,9% en el volumen; como último dato se obtiene un valor de 0,15% con el catalizador prototipo, mientras que con el catalizador original se obtiene un valor de 0,18%.

Los valores más importantes en las mediciones son los de CO y HC, lo que permite verificar el buen funcionamiento del vehículo de prueba, ya que los resultados obtenidos se encuentran dentro de los rangos establecidos por la revisión técnica vehicular.

5. DISCUSIÓN

Las emisiones de gases contaminantes resultantes de la combustión incompleta en los vehículos son cruciales, debido a su impacto significativo en el calentamiento global. Estos gases, que incluyen monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC) y dióxido de carbono (CO₂), contribuyen a la contaminación del aire y al efecto invernadero. La industria automotriz y la investigación científica han desarrollado diversos componentes para reducir estas emisiones, destacando entre ellos los catalizadores.

Los catalizadores actúan como filtros que transforman los gases tóxicos producidos durante la combustión en compuestos menos dañinos, antes de ser liberados al medio ambiente. Tradicionalmente, los catalizadores están compuestos por metales como el platino, el paladio y el rodio, lo que los hace costosos. Debido a esto, existe un interés creciente en desarrollar tecnologías alternativas que sean más económicas y eficientes.

Las mediciones de emisiones se realizaron en tres etapas: primero con el catalizador original del vehículo y luego con el prototipo desarrollado. Los resultados fueron prometedores, mostrando una reducción significativa en las emisiones de CO y HC. Específicamente, las emisiones de CO disminuyeron de 0,09% a 0,00% en volumen, y las de HC de 27,5 a 16 ppm. Además, se observó un aumento en las emisiones de CO₂, lo que indica una combustión más completa, y una ligera reducción en el índice de oxígeno de 0,06.

Así, el estudio demostró que el prototipo de catalizador alternativo es efectivo en la reducción de gases contaminantes, cumpliendo su función de mitigar el impacto ambiental de las emisiones vehiculares. Estos resultados son significativos, ya que sugieren una solución potencialmente más accesible y económica para el control de la contaminación vehicular, contribuyendo así a la lucha contra el calentamiento global y la mejora de la calidad del aire.

5. CONCLUSIONES / CONSIDERACIONES FINALES

Luego de realizar la investigación, se determinó que el carbón activado tiene propiedades para atrapar gases de escape, como el monóxido de carbono de una manera más eficiente que un catalizador habitual, pasando de 0,09% de volumen de monóxidos de carbono con el catalizador orinal a 0,00% de volumen de monóxido de carbono con el prototipo.

También, se nota una reducción de HC (hidrocarburos), siendo la relación 27,5 ppm a 16 ppm de hidrocarburos la más interesante y la que se obtuvo en la tercera medición, siendo también un factor considerable para la utilización de el catalizador prototipo.

En las emisiones de CO₂, se ve en cambio un ligero aumento de valores lo que no es preocupante, ya que el CO₂ se espera luego de cualquier proceso de combustión eficiente, por lo que esta elevación sería más bien la esperada luego de la implementación del prototipo.

Los valores de oxígeno generados demuestran una disminución en 2 de tres mediciones. Se destaca que con el catalizador prototipo, este valor disminuye hasta 0,12 valor adimensional, mientras que con el catalizador original este disminuye hasta los 0,18. En consecuencia, también se toma como un resultado positivo, ya que el valor promedio debe ser de 0 a 1. Si el valor llegara a sobrepasar el valor de 1 denotaría una falla, ya que al detectarse presencia de alto contenido de oxígeno en el gas de escape luego de la combustión de la gasolina, quiere decir que existe una mala combustión dentro de la cámara de combustión.

La piedra pómez proveniente de material volcánico contiene propiedades como a la alta resistencia al frío, lo que lo hace ideal para el recubrimiento térmico del carbón activado.

Las pruebas de los catalizadores con diferentes regímenes de funcionamiento del motor con base en la normativa INEN 2204, muestran una reducción considerable en varios gases nocivos con el catalizador de materiales orgánicos. El platino, paladio y rodio, pueden ser remplazados por el carbón activado y la piedra pómez que brindan mayores beneficios para atrapar gases y toxinas. El diseño de un catalizador alternativo con materiales orgánicos, lo hace un dispositivo económico y accesible para los propietarios de los vehículos, para que puedan aprobar la revisión técnica vehicular en la prueba de gases.

6. REFERENCIAS

Chacón, M., & Castro, J. (Tutor). (2022). Diseño y Construcción de un Sistema de Escape con Header para la Reducción de Gases Contaminantes de un Vehículo Toyota Corona markii año 1971 <https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/5619>

Cortés, W. & Fajardo, G. (2017). Oxidación catalítica selectiva para la conversión de metano a metanol: una revisión. 28. <https://doi.org/10.18359/rcin.2623>

Guamán Narváez, E., Jorque Rea, A. y Beltrán Chamba, E. (2024). Diseño, construcción e implementación de un catalizador de carbón activado y piedra pómez. *Revista Cotopaxi Tech*, 4(1), 118-134. <http://ojs.istx.edu.ec/index.php/cotopaxitech/article/view/121>
Enero - junio (2024)
ISSN 2806-5573

- Filippín, A, Luna, N., Pozzi, M., & Pérez, J. (2017). Obtención y caracterización de carbón activado a partir de residuos olivícolas y oleícolas por activación física. *Avances en ciencias e ingeniería*.
- García, A., García, I., López, E., Becerra, N., Ojeda, I., Goldwasser, M., & López, M. (2010). Reformado auto-térmico de metano con CO_2 , vapor y O_2 a gas de síntesis, sobre catalizadores estructurados basados en perovskitas. *Avances en química*.
- Musci, J. & Casella, M. (2019). Hidrogenación de glucosa sobre un catalizador de rutenio soportado en carbón activado: estudio de condiciones de reacción. en xxxii congreso argentino de química. Asociación química argentina. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/159738>
- NTE INEN 2204, 2017. (s. f.). Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2204:2017. AEADE. recuperado 21 de marzo de 2024, de <https://ia902909.us.archive.org/12/items/ec.nte.2204.2002/ec.nte.2204.2002.pdf>
- Oré, S., Merino, C., & Ramírez, D. (2015). Evaluación de arcillas pilareadas impregnadas con Fe/Mo para la obtención de acetaldehído a partir de etanol en un reactor de lecho fijo. *Prospectiva universitaria*, <https://doi.org/10.26490/uncp.prospectivauniversitaria.2015.12.456>
- Pazmiño, I. (2016). Evaluación del nivel de eficiencia de un tratamiento primario con un filtro artesanal elaborado con bagazo de caña de azúcar, arena, ladrillo triturado y piedra pómez, para el tratamiento del efluente producido por una lavadora de autos. Facultad de ingeniería civil y mecánica. <https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/24175>
- Riaño, N. (2020). diseño y preparación de catalizadores soportados en materiales carbonosos estructurados.
- Rocha, J., Zambrano, D., Portilla, Á., Erazo, G., Torres, G., & Llanes, E. (2018). Análisis de gases del motor de un vehículo a través de pruebas estáticas y dinámica. *Revista Ciencia UNEMI*, 11(28), 97-108.
- Takahashi Y., Itami T., Maeda M., Suzuki, N., Kasornchandra J., Supamattaya K., Khongpradit R., Boonyaratpalin S., Kondo M., Kawai K., Kusude R., Hirono, I. and Aoki T. 1996. Polymerase chain reaction (PCR) amplification of bacilliform virus (RVPJ) DNA in *Penaeus japonicus* Bate and systemic ectodermal and mesodermal baculovirus (SEMBV) DNA in *Penaeus monodon* Fabricius. *J. Fish Dis.* 19: 399-403.
- Torres, A., Torres, J., & Lugo, R. (s. f.). Catalizadores de potasio soportados en Al_2O_3 para la producción de biodiésel. *Renewable energy*, 3.
- Torres, J., Ruiz, R., Rodríguez, J., Cordero, T., & Rosas, J. (2022). Estudio cinético de la desactivación de un catalizador de zirconio y fósforo sobre carbón activado
- Guamán Narváez, E., Jorquera Rea, A. y Beltrán Chamba, E. (2024). Diseño, construcción e implementación de un catalizador de carbón activado y piedra pómez. *Revista Cotopaxi Tech*, 4(1), 118-134. <http://ojs.istx.edu.ec/index.php/cotopaxitech/article/view/121>
Enero - junio (2024)
ISSN 2806-5573

en la reacción de metanol a dimetileter.
<https://riuma.uma.es/xmlui/handle/10630/24044>

Utreras, E., & Valencia, J. (2021). Regeneración de catalizadores automotrices de motores a gasolina a partir de sustancias polares.
<http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/11218>

Valderrama, G., De navarro, C., & Goldwasser, M. (2018, enero 1). Diseño de catalizadores de níquel de alto desempeño para la reacción de metano con CO₂. *Revista Multidisciplinaria del Consejo de Investigación*.
<https://openurl.ebsco.com/contentitem/gcd:135117754?sid=ebsco:plink:crawler&id=ebsco:gcd:135117754>