

Universidad Internacional del Ecuador



Facultad de Ingeniería Mecánica Automotriz

Trabajo de Integración Curricular

**Artículo Investigación para la obtención del Título de Ingeniera en Mecánica
Automotriz**

**Análisis de la emisión de gases contaminantes, en relación a las características de
las bujías a 2800 msnm.**

Iván Alexander Rosero Erazo

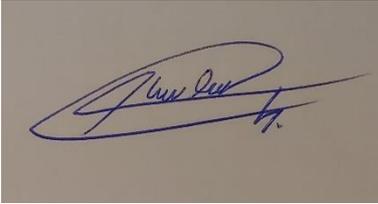
Director: Ing. Edgar Cajas

Quito, diciembre 2021

Certificado

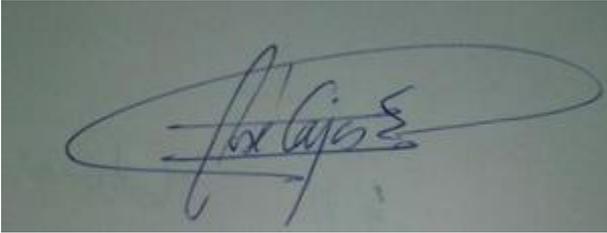
Por medio del presente certificado doy a conocer que el artículo presentado es de la autoría de Iván Alexander Rosero Erazo, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi propiedad intelectual; este documento no ha sido presentado anteriormente en ningún grado o certificado profesional y que se ha consultado la biografía detallada.

Cedo los derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la ley de propiedad intelectual, reglamentos y leyes.



Iván Alexander Rosero Erazo
C.I. 1725030157

Yo, Ing. Edgar Cajas certifico que conozco a los autores de la presente investigación, siendo el responsable exclusivo tanto de su originalidad y de su autenticidad, como de su contenido.



Ing. Edgar Cajas
DIRECTOR

Dedicatoria

Dedico este proyecto a mis padres Mery y Edison, por su apoyo en la parte económica y todo el apoyo que de uno u otro modo me dieron para salir adelante en mi carrera.

A mis amigos y compañeros de clase con quien realizamos varios trabajos en conjunto y los cuales siempre estuvieron para darme una mano.

A mis abuelos, tíos, primos y cada persona que me apoyo para lograr este objetivo.

Iván Alexander Rosero Erazo

Agradecimiento

Agradezco a Dios por permitirme haber culminado con éxito todas las materias de mi carrera a pesar de los altos y bajos que tuve.

Doy gracias a mi madre que siempre se esforzó para brindarme una educación de calidad y siempre trato de darme lo mejor que ella pudo.

Iván Alexander Rosero Erazo

Índice de Contenido

Certificado	iii
Dedicatoria	iv
Agradecimiento.....	v
RESUMEN.....	1
ABSTRACT	1
1. INTRODUCCION.....	2
2. MARCO TEORICO	2
2.1 Ecuación Estequiométrica	3
2.2 Huella de Carbono.....	3
2.3 Tiempo de Combustión.....	3
2.4 Calidad de Ignición	3
2.5 Dióxido de carbono.....	3
2.6 Óxidos de Nitrógeno	3
2.7 Monóxido de carbono	4
2.8 Hidrocarburos sin quemar.....	4
2.9 Oxígeno (O ₂).....	4
2.10 Bobinas de encendido	4
2.11 Bujías	4
2.12 Circuito Primario y Secundario.....	4
3. MATERIALES Y METODOS.....	5
3.1 Metodología	5
3.2 Vehículo	5
3.3 Combustible.....	5
3.4 Bujías	5
3.5 Normativa	6
3.6 Equipo de medición de gases.....	6
4. RESULTADOS Y DISCUSION	6
5. CONCLUSIONES.....	8
6. REFERENCIAS	8
ANEXOS.....	11

Índice de Figuras

Figura 1. Contaminación Atmosférica	3
Figura 2. Dióxido de carbono	3
Figura 3. Óxidos de Nitrógeno	4
Figura 4. Vehículo de prueba	5
Figura 5. Brain Bee AGS-688.....	6
Figura 6. Niveles de CO ₂ con los tipos de bujías en la investigación	8
Figura 7. Niveles de CO con los tipos de bujías en la investigación	8
Figura 8. Niveles de HC con los tipos de bujías en la investigación	8
Figura 9. Niveles de O ₂ con los tipos de bujías en la investigación.....	8

ANÁLISIS DE LA EMISIÓN DE GASES CONTAMINANTES, EN RELACIÓN A LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS BUJÍAS A 2800 MSNM

Ing. Edgar Cajas¹, Iván Rosero².

¹ *Ingeniería Automotriz Universidad Internacional del Ecuador, email icajas@uide.edu.ec, Quito – Ecuador*

² *Ingeniería Automotriz Universidad Internacional del Ecuador, email ivroseroer@uide.edu.ec, Quito – Ecuador*

RESUMEN

Introducción: El presente estudio analiza de manera comparativa cuatro tipos de bujías de diferentes diseños y características para determinar cuál de ellas contamina menos y se ajusta adecuadamente a las condiciones de la ciudad de Quito, para lograr este objetivo se realizó mediciones de gases contaminantes y rendimiento del sistema primario y secundario de encendido en un vehículo Volkswagen Gol 1.8 el cual posee un distribuidor electrónico y un catalizador tipo euro 3. Estas mediciones se realizaron bajo la normativa ecuatoriana INEN 2204 la cual regula la cantidad de CO, CO₂, HC, O₂ permisibles en el Ecuador. Así mismo se analizó el comportamiento de las bujías en cada uno de los cilindros para determinar el efecto que tienen en el rendimiento del sistema de encendido. Se determinó que la bujía de un solo electrodo se ajusta a las regulaciones indicadas por la normativa vigente, obteniendo una reducción del 57.84% frente a la bujía recomendada por el fabricante, con lo que respecta al rendimiento del tiempo de combustión se obtuvo un aumento en el tiempo del frente de llama del 46.67% en relación con la bujía sugerida por el fabricante. Se concluye que la bujía de un electrodo es la adecuada para el vehículo Volkswagen Gol en la ciudad de Quito a 2800 msnm.

Palabras clave: Emisiones contaminantes, bujías, eficiencia, normativa inen, comparación.

ABSTRACT

Introduction: The present study comparatively analyzes four types of spark plugs of different designs and characteristics to determine which of them pollutes less and adjusts adequately to the conditions of the city of Quito. To achieve this objective, measurements of polluting gases and performance of the primary and secondary ignition system were made in a Volkswagen Gol 1.8 vehicle, which has an electronic distributor and a euro 3 type catalytic converter. These measurements were carried out under the Ecuadorian INEN 2204 standard which regulates the amount of CO, CO₂, HC, O₂ permissible in Ecuador. The behavior of the spark plugs in each of the cylinders was also analyzed to determine the effect they have on the performance of the ignition system. It was determined that the single electrode spark plug complies with the regulations indicated by current standards, obtaining a reduction of 57.84% compared to the spark plug recommended by the manufacturer. With regard to combustion time performance, an increase in flame front time of 46.67% was obtained compared to the spark plug suggested by the manufacturer. It is concluded that the single electrode spark plug is adequate for the Volkswagen Gol vehicle in the city of Quito at 2800 meters above sea level.

Key words: pollutant emissions, spark plugs, efficiency, inen regulations, comparison.

1. INTRODUCCION

La Red Metropolitana de Monitoreo Atmosférico de la ciudad de Quito advierte que la calidad del aire se ha visto afectada en un 12% respecto al año 2019, esto se debe al constante incremento del parque automotor y a las condiciones mecánicas de los vehículos que circulan en la ciudad de Quito, la omisión de los mantenimientos y el uso de piezas adecuadas en los sistemas del vehículo han agravado la actual situación. [1]

La presente investigación está enfocada en exponer los valores de emisiones contaminantes en un vehículo Volkswagen Gol 1,8 2003 empleando diferentes tipos de bujías que tendrán su respectiva repercusión en la concentración de agentes residuales como el CO, HC, CO₂ y O₂. Así también como la comparación de las señales del primario y del secundario del sistema de ignición con el objetivo de obtener la mejor configuración en el sistema de encendido con las bujías que se ajusten de manera adecuada a las condiciones y el entorno de la ciudad de Quito.

La compleja topografía y la gran altitud de Quito (2.800 metros sobre el nivel del mar) limitan la combustión de hidrocarburos y requieren un esfuerzo considerable por parte de los vehículos al subir pendientes pronunciadas. Además, el alto contenido de azufre en el combustible puede provocar el desgaste del motor y dar lugar a altas emisiones de azufre y partículas, especialmente en ciertas áreas de la ciudad donde las concentraciones de contaminantes pueden causar molestias e incluso peligros. [2]

Los gases contaminantes están provocando un efecto invernadero en consecuencia los cambios en las temperaturas globales que amenazan a muchos sectores industriales cada año aumentan el número de días secos consecutivos. Los días de lluvia en el área de estudio son menos frecuentes, pero más severos cuando llueve. [3]

Mejorar la combustión en los vehículos reducen los gases de escape, haciendo que

estos sean lo menos nocivos para la salud y mejore la calidad del aire en la ciudad, generando un impacto positivo en el nivel de vida de las personas. Contar con vehículos eficientes que realicen una correcta combustión es una respuesta al cambio climático ya que el impacto de estos se reduce considerablemente [4]. Los contaminantes de mayor relevancia corresponden a tres grupos: contaminantes comunes identificados en las normas de calidad del aire del Ecuador, precursores del ozono troposférico y gases de efecto invernadero. [5]

La urbe actualmente cuenta con una agencia que se ocupa de regular el parque automotor que circula y en gran parte del estado de los motores, basándose en la normativa INEN 2204, sin embargo este reglamento no considera la calidad del combustible que se comercializa en el país ni tampoco contempla factores de corrección del entorno como es el caso de la altura, la humedad y la tecnología del motor por lo que existe un grado de error en supervisar las emisiones contaminantes en el parque automotor. Pese a todo la normativa no ha sufrido cambios desde su implementación los vehículos mantienen problemas de emisiones.

La intención de este trabajo es constatar como varían los valores de contaminación cuando el vehículo experimenta diferentes parámetros de funcionamiento en el sistema de ignición dictaminados por el diseño, calidad de materiales y características de la bujía. Para orientar a la comunidad sobre el correcto uso de los elementos del sistema de ignición para controlar la cantidad de emisiones contaminantes que se generan.

2. MARCO TEORICO

La preocupación por la contaminación del aire comenzó en la década de 1950, pero hasta la década de 1960 es cuando en realidad hubo una serie de eventos contaminantes de mayor magnitud en algunas grandes ciudades. Es difícil evaluar cuál es la principal fuente de emisiones, debido a que estas son provocadas por los automóviles lo que lleva a que la concentración de contaminantes sea en su

mayoría en los centros urbanos. Por lo tanto, los gases de combustión de los motores térmicos de automóviles están sujetos a una serie de regulaciones para controlarlos y limitarlos. [6]

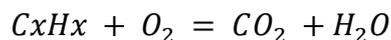


Figura 1. Contaminación Atmosférica

Fuente: National Geographic [7]

2.1 Ecuación Estequiométrica

La ecuación estequiométrica es la expresión química que describe la reacción que se da lugar durante el fenómeno de combustión, esta muestra todos los elementos reactantes y sus productos, [8] esta se expresa de la siguiente forma:



2.2 Huella de Carbono

La huella de carbono es un indicador que permite medir y cuantificar el impacto que genera el CO₂ directa e indirectamente en cierta actividad y esta se calcula mediante la siguiente ecuación. [9]

$$\frac{kgCO_2}{kgComb} = \frac{44 \frac{kgCO_2}{mol} * x \text{ mol}CO_2}{\text{Peso Comb} \frac{kgComb}{mol} * 1 \text{ molComb}}$$

2.3 Tiempo de Combustión

Es el tiempo que dura la reacción de combustión para generar un trabajo en función de la cantidad de grados de rotación del cigüeñal en la carrera de expansión útil en la que los gases generan empuje sobre la cabeza del pistón y que le permiten acelerar para que este movimiento sea aprovechado en un movimiento de aceleración angular. El tiempo que dura la combustión depende de la velocidad de giro del cigüeñal y de la calidad de la combustión la cual repercute en la cantidad de grados útiles y aprovechables que generan impulso sobre el pistón, [10] el tiempo puede ser calculado a través de esta

ecuación:

$$w = \frac{2 \pi i}{t}$$

2.4 Calidad de Ignición

La alta calidad de ignición en el combustible MEC conduce a tiempos de retardo cortos; Sin embargo, no debe olvidarse que el concepto de encendido de alta calidad es lo opuesto a una buena resistencia al impacto. Por lo tanto, el combustible utilizado en estos motores debe tener una alta resistencia a la autoignición para evitar una acumulación excesiva de combustible antes de que se produzca la combustión.

Los hidrocarburos que mejor cumplen esta condición son los de cadena lineal, n-parafina y olefina. [11]

2.5 Dióxido de carbono

El dióxido de carbono es un gas inodoro, incoloro, ligeramente ácido y no inflamable. En cuanto la presión se mantiene constante, es soluble en agua y consiste en una molécula lineal con un átomo de carbono unido a dos átomos de oxígeno.

Cuando se calienta a más de 2000 °C, la sustancia se descompone y produce humos tóxicos de monóxido de carbono que reacciona violentamente con bases fuertes y metales alcalinos. [12]



Figura 2. Dióxido de carbono

Fuente: La Jornada [13]

2.6 Óxidos de Nitrógeno

Las altas concentraciones de óxido nitroso no solo afectan a los humanos, sino que también provocan algunos fenómenos como el smog fotoquímico debido a su composición de hidrocarburos que no se queman bajo la fuerte radiación solar, lo que lleva a la destrucción de la capa de ozono, también interactúa con la atmósfera y el vapor de agua que contiene se combina para

formar ácido nítrico, que, junto con el agua de lluvia, forma lluvia ácida.

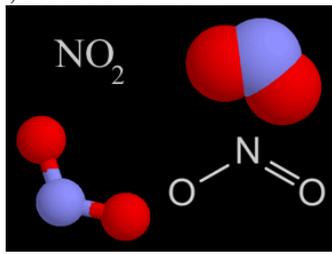


Figura 3. Óxidos de Nitrógeno

Fuente: Windows Universe [14]

Debido a la alta temperatura, los óxidos de nitrógeno se forman principalmente por la oxidación del nitrógeno en el aire. Debido a la alta temperatura y presión, se forman óxidos de nitrógeno en el gas combustible. El óxido nitroso se forma durante los picos de presión debido a la rápida combustión, y el rendimiento en la tercera etapa de la combustión será menor porque la disminución de la presión limitará la reacción. [15]

2.7 Monóxido de carbono

Es un gas incoloro e inodoro que se encuentra en la combustión de hidrocarburos y tiene la desventaja de la oxidación completa de CO a CO₂ debido a la alta temperatura y presión en la cámara de combustión.

El monóxido de carbono se produce al quemar carbono o sustancias productoras de carbono en ausencia de aire. Por cada 100.000 unidades monóxido de carbono en el aire, 1 persona puede causar síntomas de intoxicación, en menos de 30 minutos solo 1/500 personas pueden causar la muerte. El monóxido de carbono es un componente importante de la contaminación del aire en las zonas urbanas. [16]

2.8 Hidrocarburos sin quemar

Este es el tipo de hidrocarburo que se produce cuando no hay una buena combustión en el cilindro o porque la mezcla tarda demasiado en encenderse.

Las emisiones de hidrocarburos serán comparables a las de los eurodiputados de tamaño de motor similar. Los hidrocarburos se condensarán en los gases de escape, produciendo un humo azul característico (hidrocarburos no quemados) o blanco (hidrocarburos parcialmente oxidados) en condiciones iniciales tales como heladas,

peor condición debido al mal clima. [17]

2.9 Oxígeno (O₂)

El oxígeno es un gas incoloro, insípido e inodoro que se condensa en un líquido azul pálido. Casi todos los elementos químicos, excepto los gases nobles, forman compuestos con el oxígeno.

La forma más eficiente de determinar la eficiencia de la combustión es a través del análisis de O₂, siendo las lecturas más sensibles a los cambios en la calibración del quemador y los cambios en la química del combustible. [18]

2.10 Bobinas de encendido

Un sistema de encendido es aquel que está diseñado para encender una mezcla de aire y combustible en un instante determinado. La bobina es la encargada de inducir una tensión elevada a partir de una tensión baja, La magnitud del alto voltaje inducido depende de la tasa de cambio del campo magnético, el número de devanados secundarios y la intensidad del campo. [19]

2.11 Bujías

La función principal de la bujía es entregar la corriente generada por el transformador a la cámara de combustión, por ionización de la mezcla la cual se convierte en una chispa de alto voltaje que desencadena la combustión, es decir, el elemento responsable de la correcta combustión. mezcla aire-combustible.

Cuando ocurre una chispa eléctrica entre los electrodos de la bujía, el combustible comienza a arder, lo que crea una bola de fuego. El frente de llamas se extiende por toda la cámara de combustión, encendiendo la mezcla de aire/combustible y acelerando la expansión del gas. [20]

2.12 Circuito Primario y Secundario

El esquema general del sistema de encendido consta de un circuito primario que contiene un voltaje bajo. El circuito funciona solo con la energía de la batería y está controlado por un disyuntor y un interruptor de alimentación. Cuando se enciende la ignición, la corriente de bajo voltaje de la batería fluye a través de la bobina primaria de la bobina de ignición, a través del punto de interrupción y de regreso a la batería. Esta corriente crea un campo magnético alrededor de la bobina.

El circuito secundario consta de una bobina

secundaria, un tipo de cable alto voltaje (comúnmente conocido como cable de bobina) entre el distribuidor y la bobina en la bobina externa del distribuidor, la tapa del distribuidor, el rotor del distribuidor, el cable de las bujías y las bujías. [21]

3. MATERIALES Y METODOS

La investigación empezó en un vehículo con relativa antigüedad el cual es el perfecto candidato para realizar esta prueba, dado la popularidad del auto en el país. Mediante esta investigación se conocerá qué tipo de bujías son las que mejor combustión realizan, las mediciones se realizaron en un taller especializado en medición de gases bajo parámetros de medición establecidos en la normativa ecuatoriana INEN 2204, la cual indica los límites permitidos de contaminación de un vehículo automotor. La fase de pruebas se la realizo según la normativa INEN 2204 a 2500 rpm por 15 segundos y esperar 30 segundos para conocer los niveles de contaminación para que de esa manera se determine el grado de influencia que éste tiene al momento de inflamar la mezcla o también de si no se presenta cambios en el mismo.

3.1 Metodología

El método utilizado en este trabajo es el método de comparación cuantitativa, siendo la comparación sistemática de objetos de investigación para generalizar el experimento y probar la hipótesis. Las pruebas de emisiones se analizan en pruebas estáticas, pero teniendo en cuenta diferentes revoluciones del motor. Con ello se pretende simular una prueba similar a la utilizada en la Inspección Vehicular de la Ciudad de Quito para el cumplimiento de la norma NTE INEN 2204. Además, se planteará un proceso con el cual se determine cual tipo de bujías es la adecuada en el funcionamiento del vehículo.

3.2 Vehículo

El vehículo de pruebas elegido es un automóvil de gran venta comercial en los años 1998 al 2005, siendo el vehículo Volkswagen Gol el elegido para esta prueba debido a que es un vehículo el cuál inicio con la inyección electrónica de combustible, pero mantiene el distribuidor electrónico, la combinación perfecta para determinar el

impacto de las bujías sobre la generación de gases contaminantes en el vehículo.



Figura 4. Vehículo de prueba

Fuente: Autor

El vehículo de pruebas presenta una compresión de 145 psi por cada cilindro y tiene catalizador nuevo, lo que garantizará que las mediciones de gases sean lo más eficaces posibles ya que todos sus sistemas se encuentran en perfectos parámetros de funcionamiento.

3.3 Combustible

El combustible utilizado en las pruebas es extra con un nivel de 87 octanos, estandarizando la muestra en nuestro vehículo de pruebas.

El galón de gasolina extra y eco país en el Ecuador es más alto que el precio promedio de Colombia. Con el ajuste de la semana pasada, el derivado se comercializa a USD 2,28 y en el vecino país, el precio promedio es de USD 2,22, pero varía por ciudades. [22]

3.4 Bujías

Las bujías son el elemento que interactúa con la mezcla aire combustible y es el responsable de iniciar el frente de llama, en este estudio se consideran 4 bujías de las marcas Bosch y Denso que ofrecen distintas características de diseño así también como diferentes materiales en su construcción.

En el Ecuador para el vehículo de pruebas las únicas casas comerciales que distribuyen las bujías de iridio es FiltroCorp los cuales son los representantes de la marca japonesa Denso.

La característica de mayor impacto en la combustión del vehículo es la de la variación de numero de electrodos por lo cual se utilizó esta variable para evaluar el comportamiento de las bujías de cada marca considerando asimismo los materiales de su fabricación, dado que cada marca utiliza diferentes aleaciones en la fabricación de

estos elementos.

Para la fase de pruebas se utilizarán bujías de 4 tipos:

Tabla 1. Tipos de bujías usadas en la investigación

	1	3	4	IRIDIO
N° Electrodos	1 electrodo	3 electrodos	4 electrodos	1 electrodo
Composición	Níquel y Cromo	Iterbio y Níquel	Níquel y Cromo	Iridio, Yoduro de níquel y cromo
Fabricante	Bosch	Bosch	Bosch	Denso

Fuente: Autor

3.5 Normativa

Para la presente investigación se empleó la normativa INEN 2204. Esta norma define los límites aceptables para la emisión de contaminantes de fuentes móviles terrestres (vehículos de motor) que utilizan gasolina. Esta norma se aplica a las fuentes de movilidad terrestre (vehículos de motor, prototipos de vehículos) con más de tres ruedas.

Esta norma no se aplica a las fuentes portátiles de combustible que no sean gasolina. [23]

3.6 Equipo de medición de gases

El equipo que se implementó para realizar las pruebas es de la marca Brain Bee - Modelo AGS-688 el cuál analiza los niveles de CO, CO₂, HC, O₂.

Fabricado por la reconocida empresa Mahle, además de cumplir la recomendación internacional OIML R99, ISO 3930 y la INEN 2203 que están expresadas en la normativa técnica ecuatoriana NTE INEN 2349:2003

Este equipo además tiene un especial diseño que facilita el drenaje de los diferentes residuos que se forman en el separador con la finalidad de asegurar una correcta y precisa medición.



Figura 5. Brain Bee AGS-688

Fuente: Autor

4. RESULTADOS Y DISCUSION

A continuación, se presenta una tabla comparativa con los valores obtenidos de la medición de gases con las respectivas bujías **Tabla 2.** Pruebas de emisiones con las diferentes bujías

Bujía	Bosch 1 electrodo	Bosch 3 electrodos	Bosch 4 electrodos	Denso Iridium
CO [% vol]	0.59	0.88	1.19	1.02
CO ₂ [% vol]	13.7	13.5	12.6	13.8
HC [ppm]	203	235	570	204
O ₂ [% vol]	1.34	1.27	2.67	1.21

Fuente: Autor

Tras las mediciones se identifica que las siguientes bujías destacan en la reducción de emisiones contaminantes de la siguiente manera:

- La bujía de 1 electrodo emite la menor CO y HC en comparación a las otras bujías.
- La bujía de iridio es la que menos residuos de O₂ tiene respecto a las otras.
- La bujía de cuatro electrodos es la que menor CO₂ tiene en comparación a las demás.

De acuerdo con los valores obtenidos se determina que las bujías originales que vienen de fabrica el vehículo (bujías de 4 electrodos) no son las más eficientes al

momento de encender la mezcla aire combustible debido a que intervienen distintos factores que influyen en la combustión y varía la eficiencia que tiene cada bujía. Por lo que se afirma que las bujías de 1 electrodo son las más eficientes en Quito a 2800 msnm en condiciones de ambiente normales obteniendo como resultado un menor nivel emisiones por lo que cumple las normativas ecuatorianas vigentes de normalización de emisiones como es la normativa INEN 2204. Las bujías de iridio también obtuvieron un bajo nivel de emisiones, por lo que incluso el uso de estas también lograría cumplir las normativas ecuatorianas.

Al comparar los valores de la bujía de 4 electrodos y la de 1 electrodo se calcula que la mejora en tiempo de combustión aumentó en un 46.67% al subir de 0.8 ms (bujía de 4 electrodos) a 1.5 ms (bujía de 1 electrodo), análogamente se obtuvo una reducción en los hidrocarburos no combustionados de 57.84% pasando de un valor de 570 ppm (bujía de 4 electrodos) a 203 ppm (bujía de 1 electrodo). Por lo que se precisa que efectivamente que la bujía de 1 electrodo es la indicada para este vehículo bajo las condiciones de la ciudad de Quito.

Adicionalmente se realizaron pruebas de rendimiento del encendido considerando el comportamiento y características de las bujías.

Tabla 3. Pruebas primario y secundario bujías de iridio

	<i>Primario</i> <i>Ralentí</i> <i>tí</i>	<i>Primario</i> <i>2500</i> <i>rpm</i>	<i>Secundario</i> <i>Ralentí</i>	<i>Secundario</i> <i>2500rpm</i> <i>m</i>
<i>Angulo de cierre</i>	3.50 ms	3.40 ms	-	-
<i>Duración de la combustión</i>	-	-	1.4 ms	1.5 ms

Fuente: Autor

Tabla 4. Pruebas primario y secundario bujías de 1 electrodo

	<i>Primario</i> <i>Ralentí</i>	<i>Primario</i> <i>2500</i>	<i>Secundario</i> <i>Ralentí</i>	<i>Secundario</i> <i>2500rpm</i>
<i>Angulo de cierre</i>	3.50 ms	3.50 ms	-	-
<i>Duración de la combustión</i>	-	-	0.8 ms	2.0 ms

Fuente: Autor

Tabla 5. Pruebas primario y secundario bujías de 4 electrodos

	<i>Primario</i> <i>Ralentí</i> <i>tí</i>	<i>Primario</i> <i>2500</i> <i>rpm</i>	<i>Secundario</i> <i>Ralentí</i>	<i>Secundario</i> <i>2500rpm</i> <i>m</i>
<i>Angulo de cierre</i>	3.50 ms	3.60 ms	-	-
<i>Duración de la combustión</i>	-	-	0.8 ms	2.0 ms

Fuente: Autor

Tabla 6. Pruebas primario y secundario bujías de 3 electrodos

	<i>Primario</i> <i>Ralentí</i> <i>tí</i>	<i>Primario</i> <i>2500</i> <i>rpm</i>	<i>Secundario</i> <i>Ralentí</i>	<i>Secundario</i> <i>2500rpm</i> <i>m</i>
<i>Angulo de cierre</i>	3.50 ms	3.50 ms	-	-
<i>Duración de la combustión</i>	-	-	0.9 ms	1.3 ms

Fuente: Autor

Las diferentes pruebas del primario y secundario de las bobinas hacen referencia clara de cuáles son las pequeñas variaciones que se dan en el sistema de ignición al momento de intercambiar las diferentes bujías, así también como una explicación del porqué cada bujía funciona de una y otra manera al momento de inflamar la mezcla aire combustible.

Al estudiar los circuitos primarios y secundarios se obtuvo que la bujía de 1 electrodo es la que mejor rendimiento presenta con los siguientes valores, la duración de la combustión en ralentí y a 2500 rpm arrojó un valor de 1.5s.

Los datos que se han obtenido van de la mano con los valores medidos en las

emisiones de gases, dado que mientras mayor tiempo de combustión haya menos residuos de hidrocarburos no combustionados se tiene y existe una mejor combustión.

Fuente: Autor

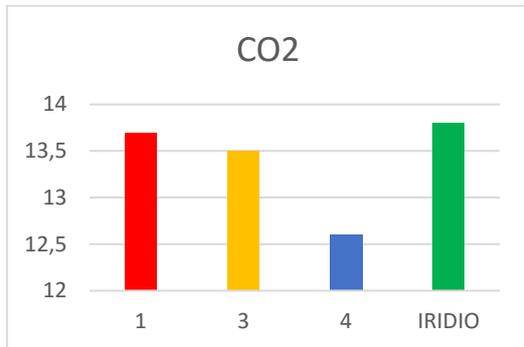


Figura 6. Niveles de CO2 con los tipos de bujías en la investigación

Fuente: Autor

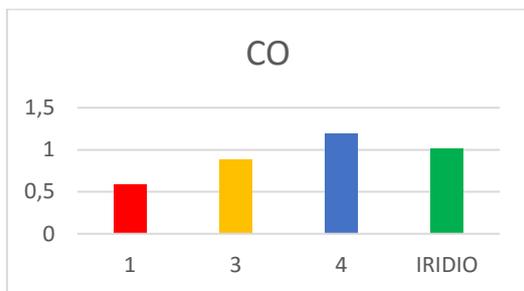


Figura 7. Niveles de CO con los tipos de bujías en la investigación

Fuente: Autor

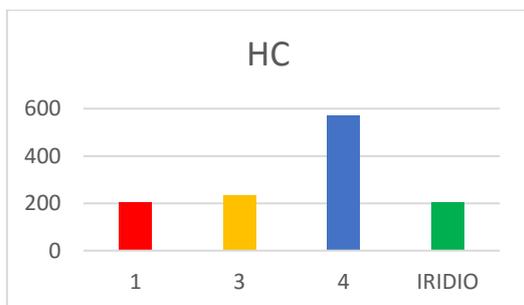


Figura 8. Niveles de HC con los tipos de bujías en la investigación

Fuente: Autor

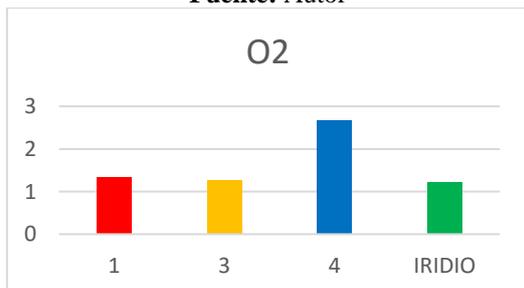


Figura 9. Niveles de O2 con los tipos de bujías en la investigación

5. CONCLUSIONES

Se concluye que las bujías de 1 electrodo son las responsables de generar la menor cantidad de emisiones de monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), hidrocarburos (HC) y oxígeno a la atmósfera (O₂), seguidas de las bujías de iridio que también muestran una mejora significativa en las emisiones vehiculares. Las diferentes mediciones se llevaron a cabo bajo la normativa INEN 2204, a una altura de 2800 msnm. Por ende, la bujía que obtiene mejores resultados es la que tiene un solo electrodo de níquel y cromo, este análisis está considerando únicamente las condiciones atmosféricas de Quito por lo que se requiere más estudios en otras zonas del Ecuador para determinar si efectivamente la bujía de 1 electrodo se puede recomendar para uso general.

Respecto a las demás bujías se observó que las bujías de cuatro electrodos tienen casi el doble de emisiones contaminantes que las de un solo electrodo, lo que determina que ese tipo de bujías no tienen la capacidad de encender de manera correcta la mezcla de aire y combustible, siendo ineficaces así para superar las normativas de anticontaminación INEN 2204 establecidas ya hace algunos años en el país.

Al considerar las pruebas realizadas en el circuito primario y secundario del vehículo de pruebas se afirma que la bujía de 1 electrodo presenta el mejor tiempo de combustión lo que da como resultado una menor generación de hidrocarburos no combustionados, además de una combustión más completa, reduciendo los niveles de CO y residuos de oxígeno, lo que respalda los valores obtenidos al medir gases contaminantes.

6. REFERENCIAS

- [1] Diaz, V. and Bahamonde, M., 2020. [online] Quitoambiente.gob.ec. Available at: <http://www.quitoambiente.gob.ec/images/Secretaria_Ambiente/red_monitoreo/informacion/Informe_Calidad_Aire_2018.pdf> [Accessed 22 May 2020].

- [2] Díaz Suárez, V. and Páez Pérez, C., 2006. *Contaminación por material particulado en Quito y caracterización química de las muestras*. [online] Scielo.org.bo. Available at: <http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S1683-07892006000100011&script=sci_arttext> [Accessed 12 June 2006].
- [3] Quijano Erazo, J., 2021. *Estudio comparativo de la huella de carbono generada entre el combustible ecopaís y extra en Quito a 2850m.s.n.m.* [online] Repositorio.uide.edu.ec. Available at: <<https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/4823>> [Accessed 25 November 2021].
- [4] Serpa, G., Zumba, X., Montalvo, F., Baño, D., Martínez, J., Zambrano, I., Serpa, G., Zumba, X., Montalvo, F., Baño, D., Martínez, J. and Zambrano, I., 2019. *Influencia del tipo de bujía en la evaluación del comportamiento y emisiones en un motor de encendido provocado*. [online] Scielo.senescyt.gob.ec. Available at: <http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-65422019000200115> [Accessed 24 April 2019].
- [5] Ibarra, B., Parra, R., Valencia, V. and Páez, C., 2006. *Inventario de emisiones atmosféricas de Quito año 2003 y su distribución espacial y temporal*. [online] Scielo.org.bo. Available at: <http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S1683-07892006000100004&script=sci_arttext> [Accessed 25 June 2006].
- [6] Ballester, F., 2022. *Contaminación atmosférica, cambio climático y salud*. [online] Scielo.isciii.es. Available at: <https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1135-57272005000200005> [Accessed 29 March 2022].
- [7] National Geographic. 2010. *La contaminación del aire*. [online] Available at: <<https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/la-contaminacion-del-aire>> [Accessed 5 September 2010].
- [8] Zita, A., 2021. *Estequiometría: qué es*. [online] Toda Materia. Available at: <<https://www.todamateria.com/estequiometria/>> [Accessed 9 March 2021].
- [9] Greenpeace México. 2020. *Huella de carbono: aprende a calcular tu impacto ambiental*. [online] Available at: <<https://www.greenpeace.org/mexico/blog/9386/huella-de-carbono/>> [Accessed 26 December 2020].
- [10] tuteorica. 2017. *El motor de cuatro tiempos*. [online] Available at: <<https://tuteorica.com/material-complementario/el-motor-de-cuatro-tiempos/>> [Accessed 12 August 2019].
- [11] Alvarez, J. and Callejon, I., 2005. *Motores alternativos de combustión interna*. 1st ed. Barcelona: TECFOTO, p.310.
- [12] Prtr-es.es. 2021. *CO2 (Dióxido de carbono) / PRTR España*. [online] Available at: <<https://prtr-es.es/co2-dioxido-de-carbono,15590,11,2007.html#:~:text=El%20di%C3%B3xido%20de%20carbono%20es,forma%20O%20%3D%20C%20%3D%20O.>> [Accessed 15 February 2021].
- [13] Garcia, R., 2020. *Dióxido de carbono en la atmósfera alcanza máximo histórico*. [online] La Jornada. Available at: <<https://www.jornada.com.mx/ultimas/ciencias/2020/06/04/dioxido-de-carbono-en-la-atmosfera-alcanza-maximo-historico-1218.html>> [Accessed 4 June 2020].
- [14] Russell, R., 2006. *Oxido de nitrógeno y dióxido de nitrógeno*. [online] Windows2universe.org. Available at: <https://www.windows2universe.org/physical_science/chemistry/nitrogen_oxides.html&lang=sp> [Accessed 16 February 2006].
- [15] Atsdr.cdc.gov. 2016. *Óxidos de nitrógeno (monóxido de nitrógeno, dióxido de nitrógeno, etc.) (Nitrogen Oxides) / ToxFAQ | ATSDR*. [online] Available at: <https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts175.html> [Accessed 6 May 2016].
- [16] Alvarez, J. and Callejon, I., 2005. *Motores alternativos de combustión interna*. 1st ed. Barcelona: TECFOTO, p.341.
- [17] Fidalgo, R., 2015. *Cómo reducen la contaminación los coches*. [online] Autocasión. Available at: <<https://www.autocasion.com/actualidad/reportajes/como-reducen-las-emisiones-los-coches#:~:text=HC%3A%20son%20hidrocarburos%20no%20quemados,motores%20de%20gasolina%20como%20di%C3%A9sel.>> [Accessed 7 October 2015].
- [18] Premac, M., 2021. *MEDICIONES DE O2 EN UN ANÁLISIS DE GASES DE*

COMBUSTIÓN - Premac. [online] Premac. Available at: <<https://www.premac.co/mediciones-de-o2-en-un-analisis-de-gases-de-combustion/>> [Accessed 4 July 2021].

[19] HELLA. 2020. *Bobina de encendido: Revisión, medición, avería* | HELLA. [online] Available at: <<https://www.hella.com/techworld/es/Informacion-Tecnica/Electricidad-y-electronica-del-automovil/Bobina-de-encendido-2886/>> [Accessed 25 March 2020].

[20] Es.wikipedia.org. 2020. *Bujía* - Wikipedia, la enciclopedia libre. [online] Available at: <<https://es.wikipedia.org/wiki/Buj%C3%ADa>> [Accessed 15 November 2020].

[21] Piezas para autos de Champion | Repuestos y recambios. 2020. *Cómo funcionan los sistemas de encendido.* [online] Available at: <<https://www.championparts.mx/Technical/Tech-Tips/How-Ignition-Systems-Work.html>> [Accessed 20 June 2020].

[22] Vasconez, L. and Serrano, D., 2021. *El galón de gasolina extra de Ecuador cuesta más que en Colombia pero tiene menor calidad.* [online] El Comercio. Available at: <<https://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/precio-gasolina-extra-ecuador-colombia.html>> [Accessed 17 August 2021].

[23] INEN, «Servicio Ecuatoriano de normalización,» 01 01 2017. [En línea]. Available: https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_2204-2.pdf. [Último acceso: 03 05 2021]

ANEXOS

ANEXOS INTRODUCCION

Estudio comparativo de la huella de carbono generada entre el combustible ecopaís y extra en Quito a 2850m.s.n.m

Juan F. Iñiguez¹ Joel A. Quijano²

^{1,2} *Escuela de Ingeniería Mecánica Automotriz Universidad Internacional del Ecuador,*
joquijanoer@internacional.edu.ec, Quito - Ecuador

RESUMEN

El presente estudio analiza de manera comparativa la huella de carbono emitida por la gasolina Ecopaís y extra en la altura de Quito a 2850m.s.n.m. El dióxido de carbono es el gas principal de estudio, por lo que la investigación se basa en cálculos teóricos y prácticos de este elemento. Teniendo en cuenta que todas las pruebas prácticas fueron realizadas en las mismas condiciones, con los instrumentos de medición calibrados en base a la norma ISO 9001:2000, Se determinó que la gasolina ecopaís emite un 1.93% menos de CO₂ en comparación a la extra de manera práctica y en base al cálculo teórico la diferencia de porcentaje de la gasolina extra versus la ecopaís es de 1.55%.

Palabras clave: Huella de carbono, dióxido de carbono, ecopaís, extra, 2850m.s.n.m.

ABSTRACT

This study comparatively analyzes the carbon footprint emitted by Ecopaís and extra gasoline in the altitude of Quito at 2850m.s.n.m. Carbon dioxide is the main gas of study, so the research is based on theoretical and practical calculations of this element. Considering that all the practical tests were carried out under the same conditions, with the measuring instruments calibrated based on the ISO 9001: 2000 standard, it was determined that ecopaís gasoline emits 1.93% less CO₂ compared to the extra of Practically and based on the theoretical calculation, the difference in the percentage of extra gasoline versus the eco-country is 1.55%.

Keywords: Carbon footprint, carbon dioxide, ecopaís, extra, 2850m.s.n.m.

1. INTRODUCCIÓN

El cambio climático es una de las principales problemáticas a nivel mundial, ya que afecta a todos los países y regiones del mundo. No obedece fronteras ni culturas, por lo que existe una responsabilidad social por contrarrestar el efecto invernadero. Si bien este problema es generado por una sobrepoblación, pues es indispensable buscar nuevas alternativas que ayuden a bajar los gases emitidos por la alteración del equilibrio natural. A medida que crece la población, crece a su vez las industrias, entre tantas, la de transporte por motores a combustión interna, lo que desemboca en una búsqueda a alternativas de combustibles amigables con el medio ambiente. [1] El presente estudio está enfocado en realizar una comparativa de la huella de carbono generada por el combustible ecopaís y extra para determinar si es factible usarlo en Quito a 2850 m.s.n.m. Además, se analizó la variación de emisiones de dióxido de carbono con los distintos combustibles. Se evaluó el uso del biocombustible en zonas andinas del Ecuador y se determinó cuánto porcentaje de dióxido de carbono se disminuiría con su uso. En el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) las predicciones futuras de contaminación no son claras con respecto a aumentos o disminuciones significantes, sin embargo, varias investigaciones determinan un incremento de la temperatura para el año 2050 en 2,5°C. El efecto invernadero provoca un cambio de la temperatura global, lo que desemboca en una amenaza anual a varios sectores industriales, por lo que aumentaría el número de días de sequía consecutivos. Los días de precipitación están tendiendo a ser menos frecuentes en la zona de estudio, pero cuando llueve esta tiende a ser más extrema. [2]

La huella de carbono generada en la ciudad depende de muchas variables como; consumo de electricidad, agua, transporte, desperdicios, entre otros. Sin embargo, el sector del transporte es el que más incidencia tiene, según datos de la Agencia Metropolitana de Tránsito (AMT), el número de vehículos matriculados en 2019 fue de 465.908, considerado el más alto de los últimos 6 años. El sector transporte genera 3'004.296 toneladas de Co2 equivalente, el 66% de éstas corresponde al consumo de gasolina, mientras que el 33% a diésel. [3]

Por los problemas de contaminación en Quito se ha desarrollado la normativa NTE INEN 2204 emitida en el 2017, siendo parte de una segunda revisión, que establece los límites permitidos de emisiones de contaminantes producidas por vehículos automotores que usan gasolina. Se aplica a las fuentes móviles terrestres de más de tres ruedas, quiere decir que toda fuente móvil con motor de gasolina, durante su funcionamiento en condición de marcha mínima o ralentí y a temperatura normal de operación, no debe emitir al aire monóxido de carbono (CO) e hidrocarburos (HC) en cantidades superiores a las señaladas en la Tabla 1. [4]

Tabla 1: Límites máximos de emisiones permitidos para fuentes móviles con motor de gasolina. Marcha mínima o ralentí

Año modelo	%Co ^a		Ppm HC ^a	
	0 – 1500 ^b	1500 – 3000 ^b	0 – 1500 ^b	1500 – 3000 ^b
2000 y posteriores	1,0	1,0	200	200
1990 a 1999	3,5	4,5	650	750
1989 y anteriores	5,5	6,5	1000	1200

Fuente: INEN [4]

Teniendo en cuenta que:

a= volumen; y b= altitud msnm.

Una alternativa para reducir la huella de carbono en el campo automotor son los biocombustibles que fomentan la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero. Actualmente de manera comercial se ha logrado implementar un porcentaje de etanol a la gasolina, derivado de

elementos orgánicos como plantas o semilla. Los biocombustibles comercializados son los de segunda generación que se distinguen de los de primera generación, ya que se obtienen de vegetales que no tienen una función alimentaria [5]. Los biocombustibles de segunda generación suelen ofrecer reducciones del orden del 70-90% en comparación con el diésel fósil y el petróleo, sin contabilizar el carbono emitido debido al cambio del uso de la tierra. En la figura 1 se muestran los niveles estimados de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, excluyendo los efectos del cambio del uso de la tierra. [6]

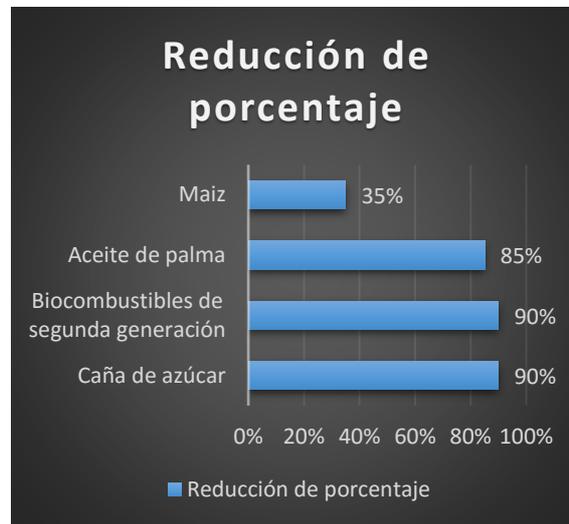


Figura 1: Reducciones en las emisiones de gases de efecto invernadero de determinados biocombustibles en comparación con los combustibles fósiles

Fuente: FAO [6]

2. MARCO TEÓRICO

2.2 Ciclo del carbono

Es un ciclo natural biogeoquímico donde el carbono circula a través de la atmósfera, entre océanos y todo el interior de la tierra y sufre distintos cambios a lo largo del tiempo. El carbono es un elemento indispensable para el desarrollo de la vida, ya que comprende renovación, recomposición, alimentación y sobrevivencia de seres vivos, el ejemplo más evidente es el de la fotosíntesis, que se lleva a cabo mediante las plantas que absorben este elemento para su alimentación y crecimiento. A través del aire es devuelto a la atmósfera en forma de dióxido de carbono, como se puede observar en la figura 2. Este ciclo es relativamente rápido, se estima que la renovación del carbono atmosférico se produce cada 20 años.

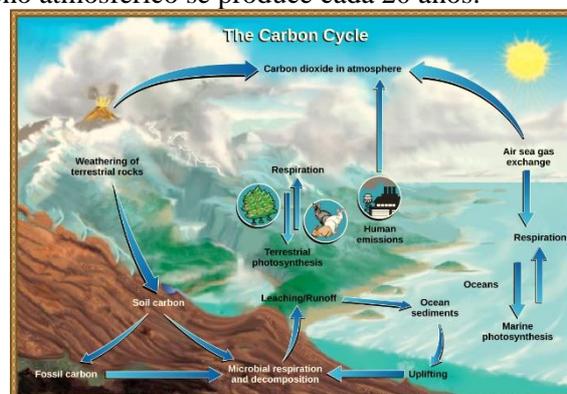


Figura 2: Ciclo del carbono

Fuente: Biogeochemicals [7]

Cuando las plantas o animales mueren su descomposición es absorbida por el suelo que después de millones de años se transforma en combustibles fósiles. El dióxido de carbono al cual se atribuye uno de los gases que mayormente causan el efecto invernadero es un elemento fundamental para retener el calor en la atmosfera, evitando de esa manera que la tierra sufra un tipo de congelamiento, sin embargo en la actualidad, el uso indiscriminado de combustibles fósiles y emisiones industriales han acelerado el paso de carbono del sistema climático hacia la atmósfera, aumentando los niveles de este, lo cual llevará a una readaptación del sistema global a las nuevas condiciones. [8]

2.3 Dióxido de carbono

El dióxido de carbono o también conocido como anhídrido carbónico es un gas compuesto por dos moléculas de oxígeno y una de carbono. Este elemento tiende a estar en estado gaseoso, sin embargo, al presentar presión y temperatura, puede cambiar su estado a líquido. El CO₂ es un gas con una vida media larga, cada nueva molécula que se produce permanecerá más de un siglo en la atmósfera señala Manuel López Puertas, investigador del Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC). [9] Este gas se encuentra en la baja atmósfera y se transporta hacia las capas altas en un margen de tiempo de entre cinco y siete años, de forma que cualquier incremento repercutirá también en la alta atmósfera.

El instrumento “SABER” a bordo del satélite TIMED (NASA), ha medido entre 2002 y 2014 un incremento de la cantidad de dióxido de carbono en la alta atmósfera de entre un 5% y un 12% por década, superior al detectado en las capas bajas. [10] Esto quiere decir que los gases de efecto invernadero están afectando no solo en la superficie de la Tierra, sino afecta poco a poco a las capas que las componen. Esto desemboca en un problema mayor, al alterar el equilibrio del planeta, este puede verse afectado en un lapso mucho menor del que como humanidad se esperaba.

El dióxido de carbono provocado por la combustión de combustibles fósiles es el principal gas que genera el efecto invernadero en el mundo. El gráfico 3 representa las emisiones totales generadas por la Unión Europea y el mundo calculadas en 2017. Teniendo en cuenta todos los países potenciales que incrementan estos valores, por la industrialización que manejan. En este gráfico se puede observar y verificar que el principal problema es el gas de efecto invernadero CO₂, que con un porcentaje del 82% supera a los demás causantes del cambio climático. Hay que considerar que los gases emitidos al medio ambiente no se quedan en un solo lugar, sino que se esparcen en todo el mundo y el problema afecta a todos los seres vivos.

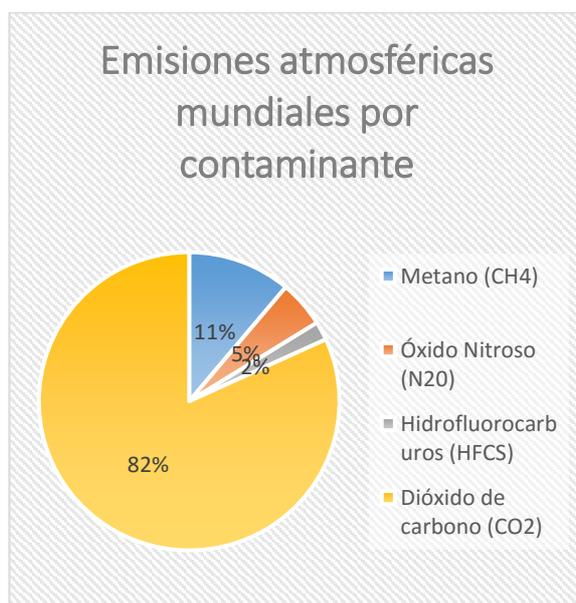


Figura 3: Emisiones de gases de efecto invernadero en la UE y en el mundo

Fuente: Parlamento Europeo [11]

2.4 Huella de carbono

La huella de carbono puede ser definida como la totalidad de gases de efecto invernadero emitidos de manera directa o indirecta por un individuo, organización, evento o producto. En el campo automotor se comercializa prácticamente un producto que en su mayoría su base para moverse es el derivado del petróleo o combustible fósil. Este campo ha crecido últimamente de manera indefinida, ya que a la población provoca una mayor demanda, es por eso por lo que cada persona que usa algún tipo de transporte a base de combustible emite una cierta cantidad de emisiones contaminantes, dejando una huella en el planeta que demora muchos años en procesar.

Entre los gases de efecto invernadero conocidos por sus siglas (GEI), el dióxido de carbono es el más importante GEI asociado a actividades humanas y el segundo gas más importante en el calentamiento global después del vapor de agua. En relación con las actividades humanas el CO₂ se emite principalmente, por el consumo de combustibles fósiles (carbón, petróleo y sus derivados y gas natural) [8]

Por las emisiones que han generado a lo largo del tiempo las organizaciones han estandarizado y agrupados tipos de huellas de carbono por quien lo produce. Hay normativas internacionales como ISO 14064, ISO 14069, ISO 14067, PAS 2050 o GHG Protocolo entre otras, que recogen este tipo de puntos. Por ejemplo, La huella de carbono emitida por una organización, que se analiza a las empresas o fábricas, por otro lado, en el caso del campo automotor una vez ya teniendo el producto final que es el vehículo, seguimos generando una huella de carbono por el combustible fósil que se necesita para transportarse. Existen actualmente organismos certificados para realizar una medición de los gases de efecto invernadero que se emite dependiendo el producto o empresa. En Ecuador para realizar la medición de estos gases en los vehículos es en la Revisión Técnica vehicular (RTV) quienes se dedican cada año a verificar los gases contaminantes con un equipo especializado.

En la figura 4 se puede observar los resultados de obtenidos de un estudio de la Huella de Carbono de Quito en el 2011 que se logra percibir una división por categorías de estudio que son; Sector residencial, Industrial, Comercial, Transporte y residuos sólidos. En el Distrito Metropolitano de Quito según el estudio generado por el Diagnóstico Estratégico – Eje ambiental afirma que las emisiones totales fueron de 5.164.496 ton CO₂e, causada en 89% por las emisiones de Alcance 1 generada por consumo de gasolina y diésel en el sector de transporte. Petroecuador en el caso de los combustibles y la Empresa Eléctrica de Quito, son determinantes en el consumo de combustibles fósiles, en conjunto generaron 3.927.372 ton CO₂e que representa el 76% de la huella total. [12]

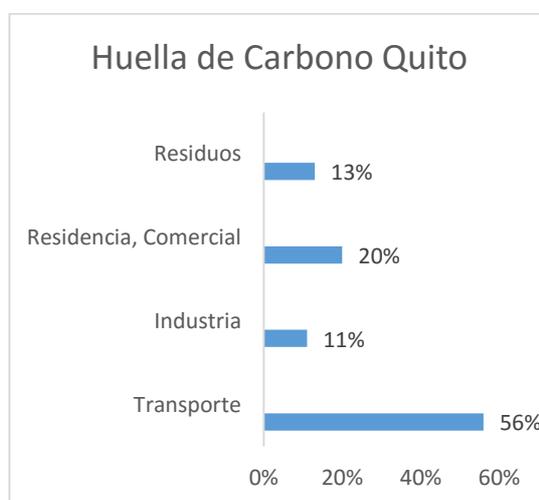


Figura 4: Huella de carbono por sectores en Quito 2011

Fuente: Eje Ambiental [12]

2.5 Cambio climático

Se le conoce a cambio climático a una variación de patrones meteorológicos en un periodo de tiempo prolongado, el cual puede variar. Existen dos tipos de cambio climático, el natural y el antropogénico o derivado de acciones humanas. Durante la sobrepoblación el mundo en general ha experimentado fenómenos que no se han visto antes, este se calienta y enfría de manera abrupta, dando lugar a glaciares derretidos desembocando en periodos más calurosos. En la revolución Industrial es cuando el ser humano comienza a generar un paso fuerte en el cambio climático, ya que se generan más fabricas que obtienen producción mediante la quema de combustibles fósiles. [13]

La consecuencia del cambio climático en el DMQ influye en muchas actividades económicas de la capital, ya que una de sus principales producciones es la agricultura y al verse afectado de temperatura, a su vez causan alteraciones en los ciclos de cultivo que conlleva a pérdidas de calidad, cosechas y económicas para agricultores. Aumento de temperatura. En la figura 5 se muestra el cambio en la temperatura media global en superficie observada mensualmente. La línea de color gris hasta 2017, calculado a partir de los conjuntos de datos HadCRUT4, GISTEMP, Cowtan-Way y NOAA y calentamiento global antropogéno estimado (línea continua de color naranja hasta 2017; el sombreado naranja indica el rango probable evaluado). La flecha punteada de color naranja y la barra horizontal de error de color naranja indican respectivamente la estimación central y el rango probable del período en el que se alcanzaría un calentamiento global de 1,5 °C si se mantiene el ritmo actual de calentamiento. La estela gris de la derecha en la figura 5 indica el rango probable de las respuestas de calentamiento, calculadas mediante un modelo climático simple, para una trayectoria estilizada (futuro hipotético) en que las emisiones netas de CO₂. [9]

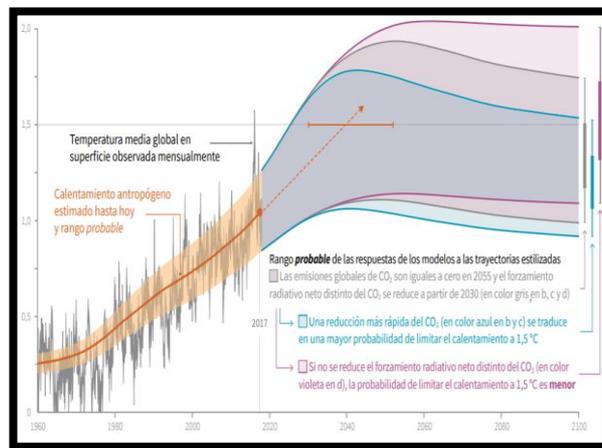


Figura 5: Temperatura global en función del CO₂

Fuente: IPCC [9]

2.6 Efecto de la altitud sobre emisiones contaminantes

La atmosfera se constituye con varios elementos principalmente se conforma por un 78% de nitrógeno, un 21% de oxígeno y 1% de otros gases como argón, dióxido de carbono, entre otras. Teniendo en cuenta los elementos que conforman el aire, otro factor a considerar es la presión atmosférica que a medida que crece la altura, esta disminuye considerablemente afectando en el sistema respiratorio de las personas y además las maquinas que dependen de una correcta presión atmosférica para su correcto funcionamiento. En Quito a 2850 msnm, la presión disminuye a 540mmhg o 0.71 atm, una temperatura promedio de 15 C y una humedad del 60% como se puede

observar en la tabla 2. Estos factores conllevan a repercusiones en los motores de combustión interna. [14]

Tabla 2: Condición atmosférica de Quito

Ciudad	Condición atmosférica			
	Presión atm.	Temperatura	Humedad	Altura
Quito	0.71atm	15 C	60%	2850m

Fuente: Juan C. [14]

Las emisiones con respecto al consumo de combustible se aumentan a medida que el vehículo necesita más esfuerzo para generar movimiento. Al no disponer el aire necesario este pierde potencia y es necesario remodelar la mezcla estequiométrica del motor, llevando a un déficit de prestaciones y disminuyendo la eficiencia del automotor. Al consumir más combustible cuando un vehículo se encuentra en estos parámetros, pues a su vez las emisiones pueden aumentar significativamente. Según estudios realizados por Josué Barrera en la Universidad Internacional del Ecuador en la medición de emisiones en la prueba estática demuestran que el CO prolifera según la altura en un porcentaje del 66% cada 500(msnm) efecto de la combustión deficiente del carburante, el CO₂ tiene un decrecimiento del 2% cada 1500(msnm), el O₂ se intensifica en un 40% cada 500(msnm), el HC aumenta en un 50% cada 500(msnm), por lo tanto se concluyó que el incremento de las emisiones contaminantes es notario referente a la ubicación geográfica. [15]

2.7 Gasolina

La gasolina es el producto de combinaciones de hidrocarburos cuya composición posee aditivos que optimizan su uso en los motores. Es uno de los productos provenientes del petróleo más consumidos a nivel mundial, representa un 80% de consumo final de derivados del petróleo. [16]La refinación del petróleo es conocido como gasolina, comprende propiedades de volatilidad, inflamabilidad, ebullición, densidad, contenido de azufre, entre otras. En Ecuador se comercializa tres tipos de gasolina; Ecopaís, Extra y Super, dando énfasis en que la primera solo se comercializa en ciertas provincias de la zona costera del Ecuador.

Para poder comercializar la gasolina como tal deben cumplirse ciertos parámetros, dependiendo el país. Una de las características principales que se pueden observar en las especificaciones de los combustibles es el índice de octano (MON, “motor octane number”, RON “Research octane number”), que indican resistencia que presenta el combustible a detonar. El octanaje indica la presión y temperatura a que puede ser sometido un combustible carburado o mezclado con aire antes de detonarse o alcanzar una temperatura de autoignición, debido a las leyes de los gases ideales. [17]

Los metales pesados como el plomo, manganeso, mercurio, cadmio, entre otros. Pueden formar parte del combustible y tienen propiedades dañinas para el medio ambiente y para la salud humana, lo que provoca procesos mutagénicos en las células. El plomo en el aire dependiendo su concentración en un lugar predeterminado puede llegar a causar problemas en la síntesis de hemoglobina, anemia, problemas de riñón, bazo e hígado, así como también causando daños al sistema nervioso cuando se detectan concentraciones de 60 mg de Pb cada 100 mililitros de sangre. [17]

2.8 Gasolina Extra

Este combustible es tiene composiciones y requisitos normalizados por la INEN 935: 2016, en la cual establece ciertos parámetros que estos deben cumplir. En la siguiente tabla 3 se describen

todos los requisitos que el combustible extra debe cumplir en Ecuador.

Tabla 3: Requisitos de la gasolina de 87 octanos (RON)

Requisitos	Unidad	Min.	Max.	Método de ensayo
Número de octano RON	-	87	-	NTE INEN 2102
Destilación: 10%	°C	-	70	ASTM D86
50%	°C	77	121	ASTM D86
90%	°C	-	189	ASTM D86
Punto final	°C	-	220	ASTM D86
Residuo de destilación	%b	-	2	ASTM D86
Relación vapor – líquido a 60 °C	-	-	20	ASTM D5188
Presión de vapor	KPA	-	60	ASTM D323 ASTM D4953 ASTM D5191
Contenido de azufre	%c	-	0.065	ASTM D2622 ASTM D4294 ASTM D5453
Contenido de aromáticos	%b	-	30	ASTM D1319
Contenido de benceno	%b	-	1	ASTM D3606 ASTM D5580 ASTM D6277 ASTM D6730
Contenido de plomo	Mg/L	-	No detectable	ASTM D3237 ASTM D5059 ASTM D5185
Contenido de manganeso	Mg/L	-	No detectable	ASTM D3831 ASTM D5185
Contenido de hierro	Mg/L	-	No detectable	ASTM D5185

Fuente: INEN 935 [18]

2.9 Biocombustible

Como alternativa para producir combustibles con energía renovable, se implementó la idea de realizar biocombustibles. El etanol es la base de estos biocombustibles, en definición es un líquido compuesto de carbono, hidrogeno y oxígeno, resultado de una fermentación de azúcar o almidón, extraídos de la caña de azúcar. [19]La materia prima puede tomarse además de la celulosa de los desechos agrícolas, urbanos o forestales conocidos como biomasa. En Ecuador principalmente se obtiene de la cosecha de la caña de azúcar y se considera que no solo puede ser la solución ante la contaminación y las emisiones de gases contaminantes provocadas por los combustibles fósiles

al ser fuente de energía renovable, además, como los biocombustibles se producen a partir de productos de cultivo local, generan más puestos de trabajo en el campo y también impactan benéficamente en la economía de un país. [20]

Los biocombustibles pueden sustituir al consumo de los combustibles fósiles tradicionales comercializados, como petróleo o carbón. Brasil es el principal productor de bioetanol con el 45% de producción mundial, Estados Unidos con un 44%, China el 6%, la Unión Europea 3%, India el 1% y los restantes con el 1%. [21] En distintos países se destruyen selvas para plantaciones de materia prima para el bio combustible, sin embargo, la consecuencia es la contraria. La idea principal de la implementación del biocombustible es disminuir el CO₂ emitido por los motores de combustión interna.

Hay que tener en cuenta que esta alternativa de combustible no asegura erradicar los gases de efecto invernadero, ya que la propia combustión de los motores genera emisiones a la atmósfera, sin embargo, esta puede ayudar a disminuir las cantidades de CO₂ emitidas. Una causa más a analizar es el proceso de producción y distribución del biocombustible al consumidor final, ya que la caña de azúcar necesita de menos fertilizantes que un cultivo de maíz, lo que conlleva a una reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Sin embargo, aplicando técnicas agrícolas y estrategias de procesamiento adecuados los biocombustibles pueden ofrecer una disminución de emisiones de al menos 50% comparando con combustibles fósiles como petróleo y gasolina. [22]

2.10 Gasolina Eco país (E5)

La Ecopaís está compuesta en un 5% por bioetanol (proveniente de la caña de azúcar) y un 95% de gasolina premezclada. Este cumple con la norma de calidad INEN 935 que establece el octanaje entre 85 y 87, igual que la extra. [21]

La empresa estatal Petroecuador implementó la producción y distribución de la gasolina ecopaís como producto amigable con el medio ambiente, asegura tener múltiples ventajas el uso de este combustible en el país, entre ellas la reducción del CO₂ y la disminución de divisas por importar menor cantidad de Naftas de alto octano (NAO), las cuales se utilizan en la producción de gasolina. Además de ser una alternativa para mejorar la economía del sector agricultor en el país, generando más empleo en la producción de gasolinas.

Este combustible se elabora a base de la mezcla de Naftas de Alto y Bajo Octano con Etanol, para de esta forma alcanzar los requisitos de calidad que establece la Norma INEN 935, la cual regula la calidad de los combustibles. Este combustible cumple con los mismos estándares de calidad de la Gasolina Extra, pero con la ventaja que tiene un componente renovable en su composición que es el Etanol como antes de lo mencionado, en la **tabla 3** se puede apreciar todos los componentes de este elemento. Ecopaís se distribuye a nivel nacional en las provincias de Guayas, Santa Elena, Los Ríos, El Oro, Manabí, Esmeraldas, Loja, Zamora Chinchipe y Azuay. En la provincia de Loja se despacha a 22 gasolineras de los cantones de Catamayo, Chaguarpamba, Loja, Olmedo, Paltas, Saraguro y Sozoranga. [23]

Tabla 3: Propiedades del Etanol

Propiedades	Cantidad
Fórmula	C_2H_6O, CH_3CH_2OH
Peso molecular	46.07 g/mol
Composición	C: 52.24%; H: 13.13%; O: 34.73%
Identificación CAS	64-17-5
Estado de agregación	Líquido
Punto de ebullición	78.3 C

Presión de vapor	59 mm de Hg a 20 C
Temp. De Ignición	363 C
Punto de fusión	-130 C
Densidad	0.79893 a 20 C
Temp. De autoignición	793 C
Punto de congelación	-114.1 C

Fuente: UNAM [24]

2.11 Equilibrio químico de la combustión

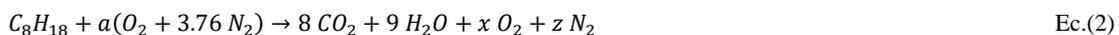
En este modelo se explica con el fin de saber cómo se realiza el proceso de combustión, por ejemplo, la cantidad de aire suministrada. Los reactivos y productos de la combustión. Puesto que los desechos de un motor de combustión interna contienen hidrógeno e hidrocarburos principalmente metano, estos componentes pueden ser durante todo el proceso teórico el fluido es considerado aire en condiciones ideales. Después de la combustión se produce una mezcla de gases que en su mayoría son: COx, H2O y NOx y en una pequeña proporción CO y vapores de hidrocarburos. Adicionalmente las altas presiones y temperaturas que tienen lugar en el motor ocasionan que el fluido se aleje del comportamiento de gas ideal. en las emisiones asociadas al transporte, por ser en general de un orden de magnitud sustancialmente inferior a las emisiones de CO2. [25]

Para el primer equilibrio químico simulando que disponemos del combustible extra cuya composición es C8H18 se puede decir que en el proceso de combustión que implica al carburante antes mencionado mezclado con aire, el cual contiene porcentaje de 21% de oxígeno y 79% de nitrógeno y otros gases que se descartan en la ecuación. En la siguiente **ecuación 1** podemos apreciar que por cada kmol de oxígeno en el aire existe 3.76 kmol de nitrógeno, ya que se toma en cuenta los porcentajes antes mencionados.

$$1 \text{ Kmol } O_2 + \frac{0.79}{0.21} \text{ Kmol } N_2 = 4.76 \text{ Kmol aire}$$

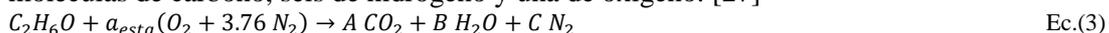
$$1 \text{ Kmol } O_2 + 3.76 \text{ Kmol } N_2 = 4.76 \text{ Kmol aire} \quad \text{Ec.(1)}$$

Una vez teniendo la composición del aire, se puede considerar en el proceso de combustión desarrollado en la **ecuación 2**, que muestra de forma química los reactivos (Combustible Extra teórico y aire) y los productos (lo que genera la combustión). [26]



Donde (a) representa la proporción de aire que reacciona con el octano y (x, z) son los números de moles de los productos.

En la siguiente **ecuación 3** se explica la reacción del etanol que en su composición dispone seis moléculas de carbono, seis de hidrógeno y una de oxígeno. [27]



Para el cálculo estequiométrico en la reacción química de la combustión tenemos que saber el consumo del vehículo en gramos, por lo que se calcula en la **ecuación 4** la masa molecular del octano, los datos de consumo son obtenidos de la ficha técnica y la densidad del octano mediante tablas preestablecidas.

$$\text{Consumo} = \frac{8.2L}{100km}$$

$$\rho_{(\text{octano})} = 703 \text{ g/L}$$

$$m_{Gasolina} = \frac{8.2L \cdot 703 \frac{g}{L}}{100km} = 57.646 \frac{g}{km} \quad \text{Ec.(4)}$$

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.2 Metodología: Cuantitativo comparativo

El método usado en el presente artículo es el cuantitativo comparativo que es un procedimiento de comparación sistemática de los objetos de estudio aplicado para llegar a generalizaciones empíricas y a comprobación de hipótesis. En el presente estudio se compara las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) generadas de un vehículo mediante los datos de un analizador de gases generados por dos tipos de combustibles con composiciones diferentes. La prueba de emisiones se analiza en pruebas estáticas, sin embargo, se consideran las distintas revoluciones del motor. De esta manera se busca simular una prueba semejante a la que se emplea en la revisión técnica vehicular en la ciudad de Quito, llevando a cabo el cumplimiento de la normativa NTE INEN 2204 previamente descrita en la tabla 1.

3.3 Instrumento de medición

El instrumento de medición para el presente estudio es la máquina “Automotive emisión analyzer QGA-6000” Este analizador está configurado para realizar una medición aplicando el método Non Dispersive Infra-red (NDIR) para analizar CO, HC, y CO₂, y método electroquímico para analizar O₂ y NO_x. [28] En el método de análisis NDIR, se sitúa una fuente de rayos infrarrojos en un extremo del banco de muestra y en el otro se adjunta un sensor para que detecte el componente de un gas y pueda calcular su densidad. Este dispositivo cumple la norma ISO 9001:2000. En la siguiente tabla se puede apreciar las especificaciones dadas por el manual del operador.

Tabla 4: Especificaciones de analizador de gases

	QGA 6000			
Medición	CO,HC,CO ₂ ,O ₂ ,Lambda, AFR, NO _x (opcional)			
Método de medición	CO,HC,CO ₂ : Método NDIR O ₂ , NO _x : Célula electroquímica			
Rango de medición				0~ 9999 ppm
Resolución				1ppm

n				
Ran go de me dici ón				0.00 ~ 25.00 %
Res olu ció n				0.01 %
Ran go de me dici ón				0.0 ~ 99.0
Res olu ció n				0.1
Can tida d de mu estr a rec ogi da	4 ~ 6 L/min			

Fuente: Manual de operación [28]

3.4 Vehículo: Grand Vitara

Para el vehículo de estudio se tomará en cuenta a la marca Chevrolet, ya que cuenta con 22.9% de participación de ventas en el Ecuador en vehículos livianos, siendo la marca mejor posicionada. La mayoría de las ventas de vehículos se concentran la provincia de Pichincha ya que según el estudio de la AEADE realizada en marzo del 2021, demuestra que el 37.8% de ventas pertenecen a esta zona del país. [29]

El modelo empleado para el estudio es un Grand Vitara 1.6L 2015 como se puede observar en la figura 6 teniendo como características principales las descritas en la **tabla 5**, que muestra la ficha técnica del vehículo de estudio, haciendo énfasis en el motor y consumo.

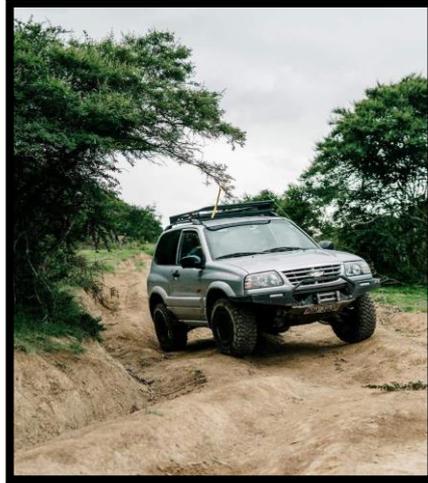


Figura 6: Grand Vitara 2015

Fuente: Autores

En la **tabla 5**, además de especificaciones del motor, se puede apreciar una tabla de consumo y emisiones con la particularidad que estos datos han sido obtenidos bajo determinadas condiciones específicas. Por otro lado, estos datos han sido calculados mediante el fabricante según el tipo de transmisión, en este caso manual de 5 marchas.

Tabla 5: Ficha técnica

Motor	
Tipo	G16B (16V SOCH)
Número de cilindros	4
Calibre	75 mm
Carrera	90mm
Cilindrada	1590cm ³
Relación de compresión	9.5:1
Consumo	
Urbano (L/100km)/CO2(g/km)	10,0/250
Extra-Urbano (L/100km)/CO2(g/km)	6,8/166
Combinado (L/100km)/CO2(g/km)	8,0/193

Fuente: Manual del propietario

3.5 Normativa Nacional

La Revisión Técnica de Vehículos (RTV) tiene por objeto primordial garantizar las condiciones mínimas de seguridad de los vehículos basadas en los criterios de diseño y fabricación de estos. Además, permite comprobar que cumplan con la normativa técnica y que mantengan un nivel de emisiones contaminantes que no supere los límites máximos establecidos en la normativa vigente: INEN 2202, INEN 2203, INEN 2204, INEN 2205, INEN 2207, INEN 2349. [30] Para los vehículos propulsados por motores ciclo Otto de 4 tiempos, el método de ensayo debe ser el descrito en la NTE INEN 2203 el cual nos indica que para la prueba estática los valores de Monóxido de carbono y las partículas por millón de Hidrocarburos no combustionados que no deben ser mayor a los empleados en la tabla 1.

Tabla 1: Límites máximos de emisiones permitidos para fuentes móviles con motor de gasolina. Marcha mínima o ralentí

Año modelo	%CO ^a		Ppm HC ^a	
	0 – 1500 ^b	1500 – 3000 ^b	0 – 1500 ^b	1500 – 3000 ^b
2000 y posteriores	1,0	1,0	200	200
1990 a 1999	3,5	4,5	650	750
1989 y anteriores	5,5	6,5	1000	1200

Fuente: INEN [4]

Además, en la normativa de la revisión técnica vehicular afirma que los instrumentos deben calibrarse como es requerido por los procedimientos de auditoría interna, por el fabricante del instrumento o en conformidad con la norma ISO 9000. Teniendo en cuenta que el equipo con el cual se realiza la medición cumple las normativas 9001:2000 por lo que se encuentra dentro de los parámetros requeridos.

3.6 Prueba estática

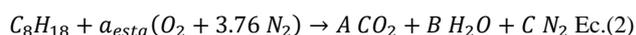
La evaluación se realiza basado en la norma INEN 2203 con ciertas modificaciones para obtener datos con mayor precisión. El protocolo trata en una prueba estática con el motor a temperatura ideal aproximadamente a (90 C) y a distintas revoluciones. Las RPM asignadas para la prueba es en; Ralentí, 2000, 3000 y 4000. Para mayor exactitud se realizó tres diferentes tipos de pruebas en cada revolución previamente dicha.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.2 Análisis teórico

En el siguiente análisis se realizó el cálculo de la cantidad de CO₂ emitido planteándose un problema de inicio, siendo este el siguiente: Calcular la cantidad de CO₂ en gramos de la reacción química de la combustión por cada kilómetro teniendo en cuenta el consumo del vehículo según la ficha técnica. Se debe considerar el tipo de combustible empleado siendo el primero (C₈H₁₈) que corresponde a la composición química de la gasolina extra y el segundo un 95% de gasolina extra más un 5% (C₂H₆O) correspondiendo a la composición del etanol.

A resolución del problema planteado se divide en dos, el primero se realiza únicamente usando gasolina extra, por lo que se plantea la **ecuación 2** y se iguala tomando el principio de la conservación de la masa, lo que significa que la cantidad de los elementos reactivos son igual a los productos:



$$A = 8$$

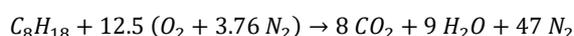
$$B = 9$$

$$a_{estq} \times 2 = A \times 2 + B \text{ (se divide para 2)}$$

$$a_{estq} = A + \frac{B}{2} = 8 + \frac{9}{2} = 12.5$$

$$a_{estq} \times 3.76 = C = 12.5 \times 3.76 = 47$$

Una vez calculado las incógnitas, se asume que se encuentra en equilibrio o igualada la **ecuación 2** de la siguiente manera:



Teniendo en cuenta lo previamente calculado de masa de combustible en la **ecuación 4** se relaciona la cantidad de combustible con el producto generado por la reacción química

obteniendo:

$$\frac{57.646 \text{ gC}_8\text{H}_{18}}{\text{km}} * \frac{1 \text{ molC}_8\text{H}_{18}}{114 \text{ gC}_8\text{H}_{18}} * \frac{8 \text{ moles CO}_2}{1 \text{ molC}_8\text{H}_{18}} * \frac{44 \text{ g CO}_2}{1 \text{ mol CO}_2}$$

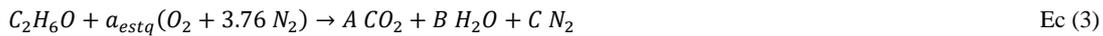
$$\text{Extra} = 177.99 \frac{\text{gCO}_2}{\text{km}}$$

Masas moleculares

$$M_{\text{C}_8\text{H}_{18}} = (8 * 12 + 18 * 1) = 114 \text{ g}$$

$$M_{\text{CO}_2} = (1 * 12 + 2 * 16) = 44 \text{ g}$$

Para la segunda parte del problema empleado se calcula el CO₂ generado por la ecopaís por lo que, se emplea únicamente etanol en la **ecuación 3** para posteriormente realizar una equivalencia del 5% agregado a la gasolina extra que dispone un 95% en su composición.



Al igual que la anterior resolución, se emplea el principio de la conservación de la masa, por lo que:

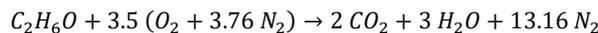
$$A = 2$$

$$B = 3$$

$$a_{\text{estq}} * 2 = A * 2 + B \quad (\text{se divide para 2})$$

$$a_{\text{estq}} = A + \frac{B}{2} = 2 + \frac{3}{2} = 3.5$$

$$a_{\text{estq}} * 3.76 = C = 3.5 * 3.76 = 13.16$$



Cálculo del consumo con etanol

$$\frac{8.2 \text{ L} * \frac{789 \text{ g}}{\text{L}}}{100 \text{ km}} = 64.69 \frac{\text{g}}{\text{km}}$$

$$\frac{64.69 \text{ gC}_2\text{H}_6\text{O}}{\text{km}} * \frac{1 \text{ mol C}_2\text{H}_6\text{O}}{46 \text{ gC}_2\text{H}_6\text{O}} * \frac{2 \text{ mol CO}_2}{1 \text{ mol C}_2\text{H}_6\text{O}} * \frac{44 \text{ gCO}_2}{1 \text{ mol CO}_2}$$

$$= 123.75 \frac{\text{gCO}_2}{\text{km}}$$

Más molecular

$$M_{\text{C}_2\text{H}_6\text{O}} = (2 * 12 + 6 * 1 + 16 * 1) = 46 \text{ g}$$

$$M_{\text{CO}_2} = (1 * 12 + 2 * 16) = 44 \text{ g}$$

Una vez calculado el CO₂ emitido únicamente con etanol, se puede realizar una equivalencia entre lo calculado con gasolina y etanol para el cálculo de la gasolina ecopaís, tomando en la siguiente ecuación un 95% de gCO₂/km de gasolina extra más 5% gCO₂/km de etanol dando como resultado lo siguiente:

$$\left[\left(123.75 \frac{\text{gCO}_2}{\text{km}} * 5\% \right) + \left(177.99 \frac{\text{gCO}_2}{\text{km}} * 95\% \right) \right]$$

$$\text{Ecopaís} = 175.27 \frac{\text{gCO}_2}{\text{km}}$$

En la **ecuación 5** se desarrolla la diferencia de los dos combustibles de estudio en porcentaje el cual se calcula de la siguiente manera:

$$\left(\frac{177.99}{175.27} - 1 \right) * 100 = 1.55\% \quad \text{Ec.(5)}$$

Lo que significa que el biocombustible ecopaís teóricamente emite un 1.55% menos de dióxido de carbono que la gasolina extra.

4.3 Análisis práctico

Los resultados obtenidos teniendo en cuenta el protocolo de prueba a distintas revoluciones, con la temperatura ideal del motor y el equipo analizador de emisiones de gases contaminantes en

correcto estado, se logró obtener los datos mostrados en las siguientes tablas, que indican **las revoluciones del motor** (rpm), **P1, P2 y P3**, que corresponden a las tres distintas pruebas realizadas para mayor precisión en los resultados y **promedio** que indica los valores promediados de las tres distintas pruebas en cada revolución.

En la **tabla 6** se pueden observar los resultados emitidos por el analizador de gases empleado a la altura de Quito, con tres distintas pruebas y cuatro diferentes revoluciones, para mayor exactitud en los datos finales, por lo que en esta tabla se empleó únicamente gasolina extra.

Tabla 6: CO2 emitido por gasolina extra

RPM	%			
	P1	P2	P3	Promedio
Ralentí	15.1	16.5	15.6	15.73
2000	14.8	16.9	14.7	15.47
3000	15.3	17.1	13.9	15.43
4000	15.1	17.4	13.2	15.23

Fuente: Autores

El siguiente gráfico describe las pruebas realizadas y las diferencias que se obtiene en cada una de ellas con el mismo combustible extra. En el eje de la “Y” se puede apreciar los porcentajes de dióxido de carbono medido previamente, por otro lado, en el eje de la “X” se puede observar las revoluciones por minuto en las cuales se realizaron dichas mediciones. En la **figura 7** se pueden observar que se obtuvieron resultados con algunas variaciones tras cada prueba.

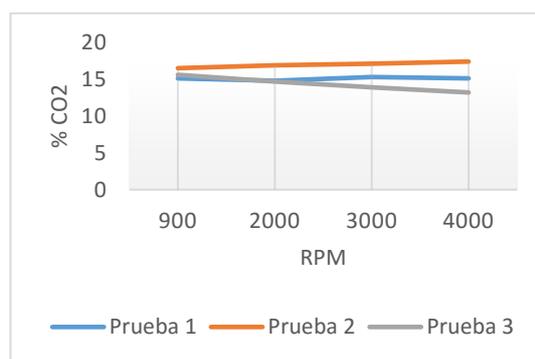


Figura 7: Resultados de CO2 con gasolina extra

Fuente: Autores

En la siguiente tabla se realizó las mediciones únicamente con el combustible ecopaís en Quito a 2850m.s.n.m, dando como resultados los datos expuestos en tres distintas pruebas a cuatro diferentes revoluciones para mayor exactitud.

Tabla 7: CO2 emitido por gasolina ecopaís

RPM	%		
	P1	P2	Promedio
Ralentí			13.5
2000			13.56
3000			13.53

4000			13.53

Fuente: Autores

En la **figura 8** se ilustran los datos de la tabla, de las tres pruebas realizadas, para observar las variaciones que cada una de las pruebas tienen.

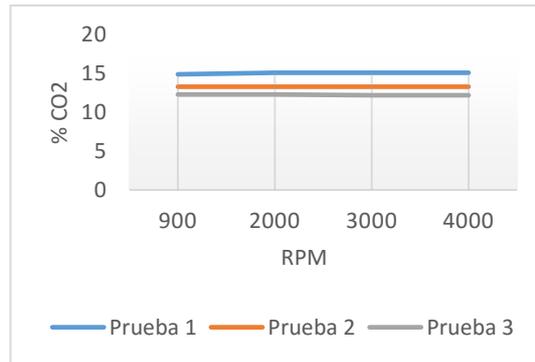


Figura 8: Resultados de CO2 con gasolina ecopaís

Fuente: Autores

4.4 Comparativa de datos prácticos

Para el siguiente gráfico se tomaron los datos promedios de la tabla 6 y la 7 de cada prueba a distintas revoluciones, por lo que se sobreponen para visualizar los cambios y diferencias que estos tienen con respecto a el porcentaje de dióxido de carbono emitidos. Siendo la línea naranja el combustible ecopaís y el azul siendo el combustible extra.

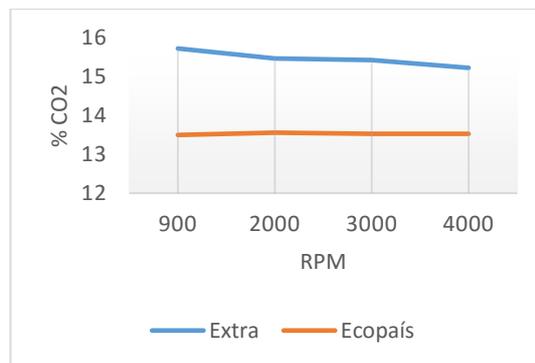


Figura 9: Comparación de CO2 emitidos por gasolina extra vs ecopaís

Fuente: Autores

Esto indica que puede existir una ligera variación de datos, por distintos factores externos como: humedad, altura, presión, aceleración, combustible, limpieza, entre otros. Estos valores influyen al momento de realizar las pruebas, alterando de alguna manera los promedios calculados, por lo que se obtiene un margen de error. Sin embargo, para plasmar valores más aproximados a la realidad se promedian en la **ecuación 6** los valores previamente promediados de los resultados de la tabla 6 dando como resultado un valor cuantificable de la gasolina extra.

$$\frac{15.73+15.47+15.43+15.23}{4} = 15.46\% \text{ CO2 Ec(6)}$$

Valores promedio extra

En la ecuación 7 se representa los valores promediados de la tabla 7 en la sección de promedio, que nos arroja como resultado lo siguiente:

$$\frac{13.5+13.56+13.53+13.53}{4} = 13.53\% \text{ CO}_2 \text{ Ec(7)}$$

De esta manera se realiza una diferencia de los resultados en la **ecuación (8)** mismos que fueron extraídos por las dos ecuaciones 6 y 7, por lo que se representa que el biocombustible ecopaís emite un 1.93% menos que la gasolina extra según datos prácticos:

$$15.46\% \text{ CO}_2 - 13.53\% \text{ CO}_2 = 1.93\% \text{ CO}_2$$

5. CONCLUSIONES

Tomando en cuenta los resultados prácticos obtenidos mediante las mediciones realizadas de dióxido de carbono se puede concluir que la gasolina ecopaís a 2850 metros sobre el nivel del mar emite un promedio del 13.53% de dióxido de carbono a distintas revoluciones, por otro lado, el combustible extra emite un 15.46% de dióxido de carbono medidos en las mismas condiciones, lo que significa que el biocombustible ecopaís emite un 1.93% menos de CO₂ en comparación a la extra de manera práctica.

Se puede concluir que en base al cálculo teórico, que la diferencia de porcentaje de la gasolina extra versus la ecopaís es de 1.55%, lo que nos indica que la ecopaís emite menos de CO₂ generando una huella de carbono menor y por lo tanto siendo más amigable con el medio ambiente. Los cálculos teóricos y los valores prácticos nos indican además que estos tienen un margen de error por factores externos y que pueden variar entre 1.55% hasta 1.93% según los cálculos realizados.

Si se aplicará el combustible ecopaís en la capital del Ecuador, considerado el valor más alto de los últimos 6 años en el sector transporte que genera 3'004.296 toneladas de Co₂ equivalente y el 66% de este valor corresponde a la gasolina, se puede decir que 1'982.835.36 se reduciría hasta en un 1.93% aproximadamente, resultando una disminución de 38268.7 toneladas de CO₂ anualmente.

La normativa 2203, no refleja un control del dióxido de carbono en las emisiones permitidas por los vehículos, por lo que sería factible realizar un control de este gas de efecto invernadero, que en los últimos años ha afectado en el cambio climático de Quito.

6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] J. N. Monroy, «Revistas Latinas,» 01 12 2012. [En línea]. Available: http://www.revistalatinacs.org/12SLCS/2012_actas/058_Nunez.pdf. [Último acceso: 01 07 2021].
- [2] Secretaría de Ambiente del Municipio del Distrito Metropolitano Quito, «Secretaría de Ambiente del Municipio del Distrito Metropolitano Quito,» 2021. [En línea]. Available: <http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/index.php/cambio-climatico/diagnostico#:~:text=La%20Huella%20de%20Carbono%20de,de%20C3%A1rboles%20en%2010%20a%C3%B1os..>
- [3] La Hora, «La hora,» 12 Marzo 2020. [En línea]. Available: <https://lahora.com.ec/quito/noticia/1102311614/un-quiteno-emite-3-toneladas-de-co2-por-ano>. [Último acceso: 2 Mayo 2021].
- [4] INEN, «Servicio Ecuatoriano de normalización,» 01 01 2017. [En línea]. Available: https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_2204-2.pdf. [Último acceso: 03 05 2021].
- [5] El cotidiano, «El cotidiano,» Septiembre 2009. [En línea]. Available: <https://www.redalyc.org/pdf/325/32512739009.pdf>. [Último acceso: 03 05 2021].

- [6] FAO, «Cover-S,» 2008. [En línea]. Available: <http://www.fao.org/3/i0100s/i0100s05.pdf>. [Último acceso: 03 05 2021].
- [7] Biogeochemical cycles, «openstax,» 2021. [En línea]. Available: <https://openstax.org/books/concepts-biology/pages/20-2-biogeochemical-cycles>. [Último acceso: 23 05 2021].
- [8] G. L. Henry Benavides, «INFORMACIÓN TECNICA SOBRE GASES DE EFECTO INVERNADERO Y EL CAMBIO CLIMÁTICO,» 12 2007. [En línea]. Available: <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21138/Gases+de+Efecto+Invernadero+y+el+Cambio+Climatico.pdf>. [Último acceso: 12 05 2021].
- [9] IPCC, «Calentamiento global IPCC,» 2019. [En línea]. Available: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/09/IPCC-Special-Report-1.5-SPM_es.pdf. [Último acceso: 26 05 2021].
- [10] Instituto de astrofísica de andalucía, «La concentración de dióxido de carbono también aumenta en la alta atmósfera,» 15 09 2015. [En línea]. Available: [https://www.iaa.csic.es/noticias/concentracion-dioxido-carbono-tambien-aumenta-en-alta-atmosfera#:~:text=Los%20datos%20de%20SABER%20muestran,diez%20kil%C3%B3metros%20\(baja%20termosfera\)..](https://www.iaa.csic.es/noticias/concentracion-dioxido-carbono-tambien-aumenta-en-alta-atmosfera#:~:text=Los%20datos%20de%20SABER%20muestran,diez%20kil%C3%B3metros%20(baja%20termosfera)..) [Último acceso: 17 05 2021].
- [11] Parlamento Europeo, «Noticias Parlamento Europeo,» 07 03 2018. [En línea]. Available: <https://www.europarl.europa.eu/news/es/headlines/society/20180301STO98928/emisiones-de-gases-de-efecto-invernadero-por-pais-y-sector-infografia>. [Último acceso: 23 05 2021].
- [12] Eje Ambiental, «Municipio del Distrito Metropolitano de Quito,» 2015. [En línea]. Available: http://www7.quito.gob.ec/mdmq_ordenanzas/Sesiones%20del%20Concejo/2015/Sesi%C3%B3n%20Extraordinaria%202015-02-13/PMDOT%202015-2025/Volumen%20I/3.%20Diagn%C3%B3stico%20Ambiental.pdf. [Último acceso: 25 05 2021].
- [13] C. Quintana, «Cálculo de la huella de carbono de vehículos utilitarios mediante el análisis del ciclo de vida,» 2018. [En línea]. Available: <https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/14678/410501.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Último acceso: 25 05 2021].
- [14] L. E. T. V. D. Z. Á. A. P. Juan C. Rocha Hoyos, «Estudio de un Motor a Gasolina en Condiciones de Altura con Mezclas de Aditivo Orgánico en el Combustible,» Oct 2018. [En línea]. Available: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642018000500325. [Último acceso: 26 05 2021].
- [15] E. C. P. G. N. S. J. C. Barrera Echeverría Josué David, «Universidad Internacional del Ecuador,» Octubre 2018. [En línea]. Available: <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/2794/1/T-UIDE-1987.pdf>. [Último acceso: 26 05 2021].
- [16] Ente Vasco de la Energía, «El petróleo y la energía en la economía,» 01 01 2008. [En línea]. Available: https://www.euskadi.eus/contenidos/informacion/estudios_publicaciones_dep/es_publica/adjuntos/petroleo_y_energia.pdf. [Último acceso: 01 07 2021].
- [17] Química.es, «Química.es,» 07 06 2008. [En línea]. Available: <https://www.quimica.es/enciclopedia/Gasolina.html#:~:text=La%20gasolina%20se%20obtiene%20del%20petr%C3%B3leo%20en%20una%20refiner%C3%ADa.&text=La%20gasolina%20es%20una%20mezcla,de%20mol%C3%A9culas%20complejas%20arom%C3%A1ticas%20naft%C3%A9nicas..> [Último acceso: 27

- 05 2021].
- [18] INEN, «INEN 935,» 1 02 2016. [En línea]. Available: https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_935_enmienda1.pdf. [Último acceso: 27 05 2021].
- [19] L. B. H. M. Fabiola Serna, «Impacto Social y Económico en el Uso de Biocombustibles,» 28 Junio 2011. [En línea]. Available: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/jotmi/v6n1/art09.pdf>. [Último acceso: 27 05 2021].
- [20] Presidencia, «Presidencia,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.presidencia.gob.ec/biocombustible-genero-un-ahorro-al-pais-de-casi-10-millones-en-solo-tres-meses/#>. [Último acceso: 13 05 2021].
- [21] El comercio, «El comercio,» 24 08 2017. [En línea]. Available: <https://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/gasolina-ecopais-disponible-estaciones-ecuador.html#:~:text=La%20Ecopa%C3%ADs%20est%C3%A1%20compuesta%20en,87%2C%20igual%20que%20la%20extra..> [Último acceso: 19 05 2021].
- [22] J. H. Marco Hernández, «Elementos: Ciencia y Cultura,» 2008. [En línea]. Available: <https://www.redalyc.org/pdf/294/29407102.pdf>. [Último acceso: 27 05 2021].
- [23] EP Petroecuador, «EP Petroecuador,» 19 05 2021. [En línea]. Available: <https://www.eppetroecuador.ec/?p=5254>. [Último acceso: 19 05 2021].
- [24] UNAM, «HOJA DE SEGURIDAD XII ETANOL,» 2006. [En línea]. Available: <https://quimica.unam.mx/wp-content/uploads/2016/12/12etanol.pdf>. [Último acceso: 27 05 2021].
- [25] Ministerio para la Transición Ecológica, «GUÍA PARA EL CALCULO DE LA HUELLA DEL CARBONO Y PARA LA ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MEJORA DE UNA ORGANIZACIÓN,» 2017. [En línea]. Available: https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/guia_huella_carbono_tcm30-479093.pdf. [Último acceso: 12 05 2021].
- [26] S. S. V. Polo, «Estudio de combustión de un motor austin 1.3 de encendido provocado durante la inyección de óxido nitroso,» 01 01 2010. [En línea]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/7530>. [Último acceso: 01 07 2021].
- [27] L. G. BECKMANN, «ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL USO DE ETANOL ANHIDRO EN MEZCLAS CON GASOLINA EN QUITO,» 01 01 2013. [En línea]. Available: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/2840/1/T-UCES-0011-25.pdf>. [Último acceso: 01 07 2021].
- [28] AUTOMOTIVE EMISSION ANALYZER QGA -6000, «OPERATING MANUAL,» 2000. [En línea]. Available: https://ie.tools/wp-content/uploads/2017/05/NGA-6000_MANUAL_ENG.pdf. [Último acceso: 7 06 2021].
- [29] AEADE, «ANUARIO DE LA AEADE,» Marzo 2021. [En línea]. Available: <https://www.aeade.net/wp-content/uploads/2021/05/Sector-en-Cifras-55-Resumen.pdf>. [Último acceso: 07 Junio 2021].
- [30] Agencia Metropolitana de Tránsito, «AMT,» 27 07 2021. [En línea]. Available: <http://www.amt.gob.ec/index.php/servicios/revision-tecnica/revision-tecnica-vehicular.html>. [Último acceso: 27 07 2021].

ANEXOS MATERIALES Y METODOS









INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 2 204:2002
(Primera Revisión)

GESTIÓN AMBIENTAL. AIRE. VEHÍCULOS AUTOMOTORES. LÍMITES PERMITIDOS DE EMISIONES PRODUCIDAS POR FUENTES MÓVILES TERRESTRES DE GASOLINA.

Primera Edición

ENVIRONMENTAL MANAGEMENT. AIR. MOTOR VEHICLES. EMISSIONS PERMITTED LEVELS PRODUCED BY
GASOLINE ROAD MOVABLE SOURCES.

First Edition

DESCRIPTORES: Protección ambiental y sanitaria, seguridad, calidad del aire, emisiones de escapes de transportes,

requisitos.

MC 08.06-401
CDU: 621.43.068.4
CIU: 3530
ICS: 13.040.50

Norma Técnica Ecuatoriana Obligatoria	GESTIÓN AMBIENTAL. AIRE. VEHÍCULOS AUTOMOTORES. LIMITES PERMITIDOS DE EMISIONES PRODUCIDAS POR FUENTES MÓVILES TERRESTRES DE GASOLINA.	NTE INEN 2 204:2002 Primera revisión 2002-09
<p style="text-align: center;">1. OBJETO</p> <p>1.1 Esta norma establece los límites permitidos de emisiones de contaminantes producidas por fuentes móviles terrestres (vehículos automotores) de gasolina.</p> <p style="text-align: center;">2. ALCANCE</p> <p>2.1 Esta norma se aplica a las fuentes móviles terrestres de más de tres ruedas o a sus motores, según lo definido en los numerales 3.24 y 3.25.</p> <p>2.2 Esta norma no se aplica a las fuentes móviles que utilicen combustible diferentes a gasolina.</p> <p>2.3 Esta norma no se aplica a motores de pistón libre, motores fijos, motores náuticos, motores para tracción sobre rieles, motores para aeronaves, motores para tractores agrícolas, maquinarias y equipos para uso en construcciones y aplicaciones industriales.</p> <p style="text-align: center;">3. DEFINICIONES</p> <p>Para los efectos de esta norma se adoptan las siguientes definiciones:</p> <p>3.1 Año modelo. Año que identifica el de producción del modelo de la fuente móvil.</p> <p>3.2 Área frontal. Área determinada por la proyección geométrica de las distancias básicas del vehículo sobre su eje longitudinal el cual incluye llantas pero excluye espejos y deflectores de aire a un plano perpendicular al eje longitudinal del vehículo.</p> <p>3.3 Certificación de la casa fabricante. Documento expedido por la casa fabricante de un vehículo automotor en el cual se consignan los resultados de la medición de las emisiones de contaminantes del aire (por el escape y evaporativas) provenientes de los vehículos prototipo seleccionados como representativos de los modelos nuevos que saldrán al mercado.</p> <p>3.4 Ciclo. Es el tiempo necesario para que el vehículo alcance la temperatura normal de operación en condiciones de marcha mínima o ralentí. Para las fuente móviles equipadas con electroventilador, es el período que transcurre entre el encendido del ventilador del sistema de enfriamiento y el momento en que el ventilador se detiene.</p> <p>3.5 Ciclos de prueba. Un ciclo de prueba es una secuencia de operaciones estándar a las que es sometido un vehículo automotor o un motor, para determinar el nivel de emisiones que produce. Para los propósitos de esta norma, los ciclos que se aplican son los siguientes:</p> <p>3.5.1 Ciclo ECE-15 + EUDC. Es el ciclo de prueba dinámico establecido por la Unión Europea para los vehículos livianos y medianos, de diesel o gasolina, definidos en la directiva 93/59/EEC.</p> <p>3.5.2 Ciclo FTP-75. Es el ciclo de prueba dinámico establecido por la Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos (EPA), para los vehículos livianos y medianos, de gasolina o diesel, y publicado en el Código Federal de Regulaciones, partes 86 a 99.</p> <p style="text-align: right;"><i>(Continúa)</i></p> <hr/> <p>DESCRIPTORES. Protección ambiental y sanitaria, seguridad, calidad del aire, emisiones de escapes de transportes, requisitos</p>		

3.5.3 Ciclo transiente pesado). Es el ciclo de prueba de estado transitorio establecido por la Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos (EPA), para la medición de emisiones de motores diesel y gasolina utilizados en vehículos pesados y el cual se encuentra especificados en el Código Federal de Regulaciones de ese país, CFR, título 40, partes 86 a 99, subparte N.

3.6 Dinamómetro. Aparato utilizado para medir la potencia generada por un vehículo automotor o motor solo, a través de aplicaciones de velocidad y torque.

3.7 Emisión de escape. Es la descarga al aire de una o más sustancias en estado sólido, líquido o gaseoso o, de alguna combinación de estos, proveniente del sistema de escape de una fuente móvil.

3.8 Emisiones evaporativas. Es la descarga al aire de una o más sustancias gaseosas, producto del funcionamiento normal del vehículo o de la volatilidad del combustible. Las emisiones evaporativas se desprenden desde varios puntos a lo largo del sistema de combustible de un vehículo automotor.

3.9 Equipo de medición. Es el conjunto completo de dispositivos, incluyendo todos los accesorios, para la operación normal de medición de las emisiones.

3.10 Fuente móvil. Es la fuente de emisión que por razón de su uso o propósito es susceptible de desplazarse propulsado por su propia fuente motriz. Para propósitos de esta norma, son fuentes móviles todos los vehículos automotores.

3.11 Homologación. Es el reconocimiento de la autoridad ambiental competente a los procedimientos de evaluación de emisiones o a los equipos o sistemas de medición o de inspección de emisiones, que dan resultados comparables o equivalentes a los procedimientos, equipos o sistemas definidos en esta norma.

3.12 Informe técnico. Documento que contiene los resultados de la medición de las emisiones del motor, operando en las condiciones contempladas en esta norma.

3.13 Marcha mínima o ralentí. Es la especificación de velocidad del motor establecidas por el fabricante o ensamblador del vehículo, requeridas para mantenerlo funcionando sin carga y en neutro (para cajas manuales) y en parqueo (para cajas automáticas). Cuando no se disponga de la especificación del fabricante o ensamblador del vehículo, la condición de marcha mínima o ralentí se establecerá en un máximo de 1 100 r.p.m.

3.14 Masa máxima. Es la masa equivalente al peso bruto del vehículo.

3.15 Método SHED. Procedimiento aprobado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) para determinar las emisiones evaporativas en vehículos de gasolina mediante la recolección de estas en una cabina sellada en la que se ubica el vehículo sometido a prueba. SHED son las siglas correspondientes al nombre de dicho método (Sealed Housing for Evaporative Determination). Los procedimientos, equipos y métodos de medición utilizados se encuentran consignados en el Código Federal de Regulaciones en los Estados Unidos, partes 86 y 99; o en las directivas 91/441 EEC y 93/59 EEC.

3.16 Motor. Es la principal fuente de poder de un vehículo automotor que convierte la energía de un combustible líquido o gaseoso en energía cinética.

3.17 Peso bruto del vehículo. Es el peso neto del vehículo más la capacidad de carga útil o de pasajeros, definida en kilogramos.

3.18 Peso neto del vehículo. Es el peso real solo del vehículo en condiciones de operación normal con todo el equipo estándar de fábrica, más el combustible a la capacidad nominal del tanque.

3.19 Peso de referencia. Es el peso neto del vehículo más 100 kg.

3.20 **Peso del vehículo cargado.** Es el peso neto del vehículo más 136,08 kg (300lb).

3.21 Prueba estática. Es la medición de emisiones que se realiza con el vehículo a temperatura normal de operación, en marcha mínima (ralentí), sin carga, en neutro (para cajas manuales) y en parqueo (para cajas automáticas).

3.22 Prueba dinámica. Es la medición de emisiones que se realiza con el vehículo o motor sobre un dinamómetro, aplicando los ciclos de prueba descritos en la presente norma.

3.23 Temperatura normal de operación. Es aquella que alcanza el motor después de operar un mínimo de 10 minutos en marcha mínima (ralentí), o cuando en estas mismas condiciones la temperatura del aceite en el cárter del motor alcance 75°C o más. En las fuentes móviles equipadas con electroventilador esta condición es confirmada después de operar un ciclo.

3.24 Vehículo automotor. Vehículo de transporte terrestre, de carga o de pasajeros, que se utiliza en la vía pública, propulsado por su propia fuente motriz.

3.25 Vehículo o motor prototipo o de certificación. Vehículo o motor de desarrollo o nuevo, representativo de la producción de un nuevo modelo.

4. CLASIFICACIÓN

Para los propósitos de esta norma, se establece la siguiente clasificación de los vehículos automotores:

4.1 Según la agencia de protección ambiental de los Estados Unidos (EPA), la siguiente clasificación se aplica únicamente para los ciclos de prueba FTP-75 y ciclo transiente pesado:

4.1.1 Vehículo liviano. Es aquel vehículo automotor tipo automóvil o derivado de éste, diseñado para transportar hasta 12 pasajeros.

4.1.2 Vehículo mediano. Es aquel vehículo automotor cuyo peso bruto vehicular es menor o igual a 3 860 kg, cuyo peso neto vehicular es menor o igual a 2 724 kg y cuya área frontal no exceda de 4,18 m². Este vehículo debe estar diseñado para:

4.1.2.1 Transportar carga o para convertirse en un derivado de vehículos de este tipo

4.1.2.2 Transportar más de 12 pasajeros

4.1.2.3 Ser utilizado u operado fuera de carreteras o autopistas y contar para ello con características especiales.

4.1.3 Vehículo pesado. Es aquel vehículo automotor cuyo peso bruto del vehículo sea superior a 3 860 kg, o cuyo peso neto del vehículo sea superior a 2 724 kg, o cuya área frontal excede de 4,18 m².

4.2 Según La Unión Europea, la siguiente clasificación se aplica únicamente para el ciclo de prueba ECE-15 + EUDC.

4.2.1 Categoría M. Vehículos automotores destinados al transporte de personas y que tengan por lo menos cuatro ruedas.

4.2.1.1 Categoría MI. Vehículos automotores destinados al transporte de hasta 8 personas más el conductor.

4.2.2 Categoría N. Vehículos automotores destinados al transporte de carga, que tengan por lo menos cuatro ruedas.

4.2.2.1 Categoría NI. Vehículos automotores destinados al transporte de carga con una masa máxima no superior a 3,5 toneladas.

5. DISPOSICIONES GENERALES

5.1 Los importadores y ensambladores de vehículos deben obtener la certificación de emisiones expedida por la casa fabricante o propietaria del diseño del vehículo y avalada por la autoridad competente del país de origen, o de un laboratorio autorizado por ella. Los procedimientos de evaluación base para las certificaciones serán los establecidos para los ciclos FTP 75, ciclo transiente pesado ECE 15 + EUDC, SHED (EEC 91/441 y 93/59 EEC); según las características del vehículo.

5.2 Los importadores y ensambladores están obligados a suministrar copia de la certificación de emisiones a quienes adquieran los vehículos.

5.3 La autoridad competente podrá en cualquier momento verificar la legalidad de las certificaciones presentadas por los importadores y ensambladores sobre el cumplimiento de los requisitos establecidos en esta norma, así como las características de funcionamiento de los equipos y procedimientos utilizados para la medición de las emisiones de escape, en condición de marcha mínima o ralentí.

6. REQUISITOS

6.1 Límites máximos de emisiones permitidos para fuentes móviles con motor de gasolina. Marcha mínima o ralentí (prueba estática).

6.1.1 Toda fuente móvil con motor de gasolina, durante su funcionamiento en condición de marcha mínima o ralentí y a temperatura normal de operación, no debe emitir al aire monóxido de carbono (CO) e hidrocarburos (HC) en cantidades superiores a las señaladas en la tabla 1.

TABLA 1. Límites máximos de emisiones permitidos para fuentes móviles con motor de gasolina. Marcha mínima o ralentí (prueba estática).

Año modelo	% CO*		ppm HC*	
	0 - 1 500 **	1 500 - 3 000 **	0 - 1 500 **	1 500 - 3 000 **
2000 y posteriores	1,0	1,0	200	200
1990 a 1999	3,5	4,5	650	750
1989 y anteriores	5,5	6,5	1 000	1 200

* Volumen
 **Altitud = metros sobre el nivel del mar (msnm).

6.2 Límites máximos de emisiones para fuentes móviles de gasolina. Ciclos FTP-75 y ciclo transiente pesado (prueba dinámica).

6.2.1 Toda fuente móvil de gasolina que se importe o se ensamble en el país no podrá emitir al aire monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC), óxidos de nitrógeno (NOx) y emisiones evaporativas, en cantidades superiores a las indicadas en la tabla 2.

TABLA 2. Límites máximos de emisiones para fuentes móviles con motor de gasolina (prueba dinámica)*
a partir del año modelo 2000 (ciclos americanos).

Categoría	Peso bruto del vehículo kg	Peso del vehículo cargado kg	CO g/km	HC g/km	NOx g/km	CICLOS DE PRUEBA	Evaporativas g/ensayo SHED
Vehículos Livianos			2,10	0,25	0,62	FTP - 75	2
Vehículos Medianos	=< 3 860	=< 1 700	6,2	0,5	0,75		2
		1 700 - 3 860	6,2	0,5	1,1	2	
Vehículos Pesados**	> 3 860 = < 6 350		14,4	1,1	5,0	Transiente pesado	3
		> 6 350	37,1	1,9	5,0		4

* prueba realizada a nivel del mar
** en g/bHP-h (gramos/brake Horse Power-hora)

6.3 Límites máximos de emisiones para fuentes móviles de gasolina. Ciclo ECE-15+ EUDC (prueba dinámica).

6.3.1 Toda fuente móvil con motor de gasolina no podrá emitir al aire monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC), óxidos de nitrógeno (NOx) y emisiones evaporativas, en cantidades superiores a las indicadas en la tabla 3.

TABLA 3. Límites máximos de emisiones para fuentes móviles con motor de gasolina (prueba dinámica) *
a partir del año modelo 2000 (ciclos europeos)

Categoría	Peso bruto del vehículo kg	Peso de Referencia (kg)	CO g/km	HC + NOx g/km	CICLOS DE PRUEBA	Evaporativas g/ensayo SHED
M1 ⁽¹⁾	=< 3 500		2,72	0,97	ECE 15 + EUDC	2
M1 ⁽²⁾ , N1		< 1 250	2,72	0,97		2
		> 1 250 < 1 700	5,17	1,4		2
		> 1 700	6,9	1,7		2

* Prueba realizada a nivel del mar

⁽¹⁾ Vehículos que transportan hasta 5 pasajeros más el conductor y con un peso bruto del vehículo menor o igual a 2,5 toneladas
⁽²⁾ Vehículos que transportan más de 5 pasajeros más el conductor o cuyo peso bruto del vehículo exceda de 2,5 toneladas

7. MÉTODO DE ENSAYO

7.1 Determinación de la concentración de emisiones del tubo de escape en condiciones de marcha mínima o ralentí.

7.1.1 Seguir el procedimiento descrito en la NTE INEN 2 203.

APÉNDICE Z

Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 203:1998 *Gestión ambiental. Aire. Vehículos automotores. Determinación de la concentración de emisiones del escape, en condiciones de marcha mínima o ralentí.*

Z.2 BASES DE ESTUDIO

Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2 056. *Metrología. Vocabulario internacional de términos fundamentales y generales.* Quito, 1998.

Norma técnica colombiana ICONTEC 4230. *Gestión ambiental. Aire. Determinación de la concentración de emisiones de escape, en condiciones de marcha mínima o ralentí.* Instituto Colombiano de Normas Técnicas. Bogotá, 1997.

EPA 94: *Code of Federal Regulations Protection of Environment 40. Part 86 (Revised as of July 1, 1996) Control of air pollution from new and in-use motor vehicles and new and in-use motor vehicle engines: certification and test procedures: 86.090-8 Emission standards for 1990 and later model year light - duty vehicles (Diesel and gasoline); 86.091.9 Emission standards for 1991 and later model year light - duty trucks (diesel and gasoline); 86-091-10. Emission standards for 1991 and later model year otto - cycle heavy - duty engines and vehicles (gasoline).* U.S Environmental Protection Agency, EPA. Washington D.C., 1996.

EURO II: *Community Directive (Directive 88/77/EEC). Regulación 49, gaseous pollutants. Truck and buses > 3,5 Ton. EEC regulation for small utilite records. Enforcement date: 01.10.1993 new models, 01.10.1994 new vehicles.* European Economic Community. Brussels. 1996.

Normas para la protección y el control de la calidad del aire: *Resolución 005 de 1995-01-09, Resolución 1619 de 1995-12-21, Resolución 1351 de 1995-11-14, Resolución 898 de 1995-08-23 - Adicionada por la Resolución 125 de 1996-03-19, Decreto 948 de 1995-06-05 - Modificado por el Decreto 2107 de 1995-11-30.* Ministerio del Medio Ambiente de la República de Colombia. Bogotá, 1996.

Decreto 2673: *Normas sobre Emisiones de fuentes móviles. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables.* República de Venezuela. Caracas, 1998.

Proyecto de reglamentación para control de emisiones para vehículos automotores en el Distrito Metropolitano de Quito. Cámara de la Industria Automotriz Ecuatoriana, CINAIE - Asociación Ecuatoriana Automotriz del Interior, AEADI, Quito, 1998.

Exhaust Emissions, Standards, Regulations and Measurement of Exhaust emissions and Calculation of fuel consumption based on the Exhaust emission test - Passenger cars; Mercedes Benz. Alemania, 1997.

Vehicle Emissions Study, Kiyoshi Yuki - Overseas Regulation & Compliance Department, Engineering Administration Division, Toyota Motor Corporation. Tokyo, 1995.

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: NTE INEN 204 (Primera Revisión) TITULO: GESTIÓN AMBIENTAL. AIRE. VEHÍCULOS AUTOMOTORES. LÍMITES PERMITIDOS DE EMISIÓN PRODUCIDAS POR FUENTES MÓVILES TERRESTRES DE GASOLINA. Código: MC 08.06-401

ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio: 2000-09-11/2001-11-19	REVISIÓN: Fecha de aprobación anterior por Consejo Directivo 1998-12-08 Oficialización con el Carácter de OBLIGATORIA por Acuerdo No. 98163 de 1998 - 12 - 17 publicado en el Registro Oficial No. 100 de 1999 - 01 - 04 Fecha de iniciación del estudio:
--	--

Fechas de consulta pública: de a

Comité Interno del INEN:
Fecha de iniciación: 2 000-09-11
Intrgrantes del Comité Interno del INEN.

Fecha de aprobación: 2 000-09-11

NOMBRES:

INSTITUCIÓN REPRESENTADA:

Dr. Ramiro Gallegos
(Presidente) Ing. Enrique
Troya

Sr. Guido Reyes

Fis. René

Chanchay

Ing. Marco

Narváez

Ing. Rafael Aguirre

Dra. Beatriz

Cañizares

Ing. Fernando Hidalgo (Secretario
Técnico)

2001-11-20

Dr. Ramiro Gallegos

(Presidente) Ing. Gustavo

Jiménez

Tlgo. Francisco Cevallos

Arq. Francisco

Ramírez Sr. Marco

Proaño

Ing. Guillermo Layedra (Secretario
Técnico)

SUBDIRECTOR TÉCNICO
DIRECCIÓN DE PROTECCIÓN
AL CONSUMIDOR
DIRECCIÓN DE DESARROLLO
Y CERTIFICACIÓN
DIRECCIÓN DE ASEGURAMIENTO
METROLÓGICO
DIRECCIÓN DE VERIFICACIÓN
FÍSICA DIRECCIÓN DE
PLANIFICACIÓN DIRECCIÓN DE
VERIFICACIÓN ANALÍTICA
DIRECCIÓN DE NORMALIZACIÓN

DIRECTOR TÉCNICO DEL
ÁREA DE SERVICIOS
TECNOLÓGICOS DIRECTOR
TÉCNICO DEL AREA DE
NORMALIZACIÓN
ÁREA DE SERVICIOS
TECNOLÓGICOS: ENSAYOS DE
CALIBRACIÓN
ÁREA DE CERTIFICACIÓN:
PRODUCTOS ÁREA DE SERVICIOS
TECNOLÓGICOS: ENSAYOS FÍSICOS
REGIONAL CHIMBORAZO

Otros trámites: Esta NTE INEN 2 204:2002 (Primera Revisión), reemplaza a la NTE INEN 2 204:1999

♦⁹ La NTE INEN 2 204:2002 (Primera Revisión), sin ningún cambio en su contenido fue **DESREGULARIZADA**, pasando de **OBLIGATORIA a VOLUNTARIA**, según Resolución del Directorio del INEN No. 009-2010 de 2010-03-05, publicada en el Registro Oficial No. 152 del 2010-03-17.

El Consejo Directivo del INEN aprobó este proyecto de norma en sesión de 2002-04-17

Oficializada como: Obligatoria	Por Acuerdo Ministerial No. 02 368 de 2002-09-18
Registro Oficial No. 673 de 2002-09-30	

Republic of Ecuador

≠ EDICT OF GOVERNMENT ±

In order to promote public education and public safety, equal justice for all, a better informed citizenry, the rule of law, world trade and world peace, this legal document is hereby made available on a noncommercial basis, as it is the right of all humans to know and speak the laws that govern them.



NTE INEN 2349 (2003) (Spanish): Revisión
técnica vehicular. Procedimientos

BLANK PAGE



PROTECTED BY COPYRIGHT



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 2 349:2003

REVISIÓN TÉCNICA VEHICULAR. PROCEDIMIENTOS.

Primera Edición

ROAD VEHICLES TECHNICAL INSPECTION . PROCEDURES.

First Edition

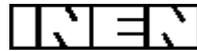
DESCRIPTORES: Vehículos automotores, ensayos, inspección.

MC 08.09-301

CDU: 629.119;725.382

CIU: 7191

ICS: 43.020



ICS: 43.020

Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria	REVISIÓN TÉCNICA VEHICULAR PROCEDIMIENTOS	NTE INEN 2 349:2003 2003-01
---	--	--

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Casilla 17-01-3999 - Baquerizo Moreno E8-29 y Almagro - Quito-Ecuador - Prohibida reproducción

1. OBJETO

1.1 Esta norma establece los procedimientos que se deben seguir para la realización de la revisión técnica vehicular (RTV) obligatoria.

2. ALCANCE

2.1 Esta norma se aplica al proceso de revisión que realizan los Centros de Revisión y Control Vehicular (CRCV), en lo relacionado con sus procedimientos y su equipamiento.

3. DEFINICIONES

3.1 Para los efectos de esta norma se adoptan las definiciones contempladas en las NTE INEN 2 202, 2 203, 2 204, 2 205 y 2 207 y en la Ley de Tránsito y transporte y su reglamento general y las que a continuación se detallan:

3.1.1 *Autoridad competente.* Es la organización, institución o persona responsable de la aprobación de un equipo, una instalación o un procedimiento.

3.1.2 *Banco de prueba de suspensiones:* Dispositivo mecatrónico consistente en un par de placas vibratorias y sensores convenientemente dispuestos, que permiten verificar el correcto funcionamiento del conjunto de la suspensión de un vehículo mediante la determinación de variables como amplitud de oscilación en resonancia, eficiencia porcentual de la suspensión, etc.

3.1.3 *Banco de prueba de frenos:* Equipo mecatrónico diseñado para realizar pruebas no invasivas en el sistema de frenos de un vehículo. Básicamente existen dos tipos de sistemas, los de placas y los de rodillos, los mismos que determinan variables tales como: eficiencia de los frenos, desequilibrio del sistema de frenos en un mismo eje, ovalización del tambor del freno, etc.

3.1.4 *Banco de prueba para deriva dinámica:* Dispositivo consistente en una placa deslizante convenientemente equipada con sensores y que permite determinar cuantitativamente la tendencia al deslizamiento lateral de las ruedas de dirección de un vehículo, brindando adicionalmente una idea aproximada del estado del sistema integral de dirección.

3.1.5 *Centro de Revisión y Control vehicular (CRCV):* Unidad técnica diseñada, construida, equipada y autorizada para realizar la Revisión Técnica vehicular (RTV) obligatoria y emitir los correspondientes certificados de Ley.

3.1.6 *Luxómetro:* Equipo electrónico que permite determinar la intensidad luminosa de una fuente.

3.1.7 *Regloscopio:* Dispositivo que permite conocer la alineación bidimensional del haz de luz emitido por una fuente.

3.1.8 *Revisión Técnica vehicular (R.T.V):* Conjunto de procedimientos técnicos normalizados utilizados para determinar la aptitud de circulación de vehículos motorizados terrestres y unidades de carga.

3.1.9 *Sonómetro:* Equipo que permite medir la intensidad sonora de una determinada fuente.

(Continúa)

DESCRIPTORES: Vehículos automotores, ensayos, inspección.

3.1.10 VIN: Acrónimo inglés derivado de “Vehicle Identification Number”, es decir, Número de Identificación Vehicular. Corresponde al número único asignado por el fabricante del automotor, como identificación del vehículo. Se aplica únicamente a los modelos más recientes y reemplaza al número de chasis.

4. DISPOSICIONES GENERALES

4.1 Las Organizaciones Operadoras de los Centros de Revisión y Control Vehicular, cuando sea aplicable, deben obtener una certificación de cumplimiento de especificaciones técnicas de sus equipos en base a las Recomendaciones Internacionales de la Organización Internacional de Metrología Legal, OIML, expedida por la casa fabricante o propietaria del diseño o por un organismo acreditado en el país de origen para dicho efecto.

Los procedimientos de evaluación base para certificar los equipos de medición a ser utilizados y los requerimientos técnicos a cumplir por los equipos se establecen en las siguientes Recomendaciones Internacionales OIML: R 23, R 55, y R 88.

4.2 Las Organizaciones Operadoras debe solicitar al fabricante de los equipos y presentar ante la autoridad competente el certificado de su exactitud y de su incertidumbre; certificación que debe estar avalada o emitida por un organismo acreditado.

4.3 La autoridad competente podrá, en cualquier momento, verificar la legalidad de las certificaciones presentadas por las organizaciones operadoras, sobre el cumplimiento de lo establecido en esta norma, así como el adecuado funcionamiento de los equipos.

4.4 Con excepción de la inspección visual del vehículo y la detección de holguras, todas las pruebas de revisión deben ser automáticas, computarizadas e íntegramente realizadas por equipo mecatrónico. Los resultados deben ser instantáneamente procesados por una central computarizada, en función de las mediciones efectuadas por cada uno de los equipos de la línea. El centro deberá disponer de los adecuados niveles de seguridad, que impidan la alteración o manipulación de los resultados de una o de varias revisiones.

4.5 Los resultados de la inspección visual y de holguras, así como la identificación del vehículo serán documentados electrónicamente a través de terminales de computadora convenientemente dispuestos en la línea de revisión.

4.6 Los resultados totales de la revisión no deben ser conocidos por el propietario del vehículo ni tampoco por ninguno de los miembros del personal de los centros hasta finalizada la revisión integral del automotor.

4.7 La identificación del vehículo y el control legal del mismo deben ser realizados exclusivamente por un representante de la autoridad de tránsito competente o su delegado.

4.8 Los certificados de revisión vehicular y todos los resultados, incluidos los de las inspecciones visuales, deben ser automáticamente impresos en un formulario diseñado y provisto a los Centros por la autoridad competente. Cualquier rasgo caligráfico, tachón, borrón o alteración presente en el certificado de revisión lo invalidará.

5. MÉTODO DE ENSAYO

5.1 Equipamiento.

5.1.1 Con excepción del equipo descrito en el numeral 5.1.1.13, todas las líneas de inspección de los Centros de Revisión y Control Vehicular deben contar al menos con el siguiente equipamiento:

5.1.1.1 *Banco de pruebas para deriva dinámica (Side Slip Tester)*, con las siguientes características:

(Continúa)

PARAMETRO	REQUERIMIENTO
Tipo	Automática, de placa metálica deslizante y empotrada a ras del piso
Rango mínimo de medición	De -15 a +15 m. km ⁻¹
Velocidad aproximada de paso	4 km.h ⁻¹
Capacidad mínima portante	1 500 kg para vehículos livianos 8 000 kg para vehículos pesados
Valor de una división de escala (resolución)	1 m.km ⁻¹

5.1.1.2 Banco de pruebas para suspensiones, que debe medir automáticamente al menos la eficiencia de las suspensiones delantera y posterior en porcentaje y la amplitud máxima de oscilación en resonancia de cada una de las ruedas, en milímetros, con las siguientes características (exceptuando las líneas para vehículos pesados):

PARAMETRO	REQUERIMIENTO
Tipo	De doble placa oscilante y empotrada a ras del piso, de amplitud y frecuencia de oscilación variables automáticas
Ancho de vía del vehículo	850 mm mínimo interno 2 000 mm máximo externo
Capacidad portante mínima	1 500 kg por eje
Valor de una división de escala (resolución)	1% en la eficiencia; 1 mm en la amplitud

5.1.1.3 Banco de pruebas para frenos, que permita medir automáticamente la eficiencia total de frenado en porcentaje (servicio y parqueo), desequilibrio dinámico de frenado entre las ruedas de un mismo eje en porcentaje, ovalización de tambores de freno, pandeo de discos de freno y fuerza de frenado en cada rueda en daN inclusive realizar pruebas a vehículos equipados con sistemas anti bloqueo (ABS)*, sistemas de transmisión permanente a las 4 ruedas, con caja de velocidades manual, automática o semiautomática; adicionalmente deberá contar con implementos que permitan verificar a vehículos de dos y tres ruedas. El equipo deberá cumplir con las siguientes características técnicas:

PARAMETRO	REQUERIMIENTO
Tipo de Frenómetro	De rodillos con superficie antideslizante, empotrado a ras del piso y para la prueba de un eje por vez
Coeficiente mínimo de fricción (μ)	0,8 en seco o en mojado
Carga mínima de absorción sobre rodillos	3.000 kg para vehículos livianos 7.500 kg para vehículos pesados
Valor de una división de escala (resolución)	1% en eficiencia y desequilibrio; 0,1 daN en fuerza de frenado.
Dispositivos de seguridad	Parada automática en caso de bloqueo de ruedas. Puesta a cero automático antes de cada prueba.

* ABS : Antilock Breaking System (Sistema Antibloqueo de Frenos)

5.1.1.4 Sistema automático de monitoreo del vehículo en la línea, para plantas fijas.

5.1.1.5 Torre de inflado de llantas, con manómetro incorporado, que permita la determinación de la presión en la cámara del neumático con una resolución de 3,45 Pa (0,5 psi).

5.1.1.6 Dispositivo automático de pesaje del vehículo, en línea con los sistemas de pruebas de frenos y suspensiones. Este equipo puede estar incorporado al banco de pruebas de suspensiones o de frenado.

(Continúa)

5.1.1.7 Detector de profundidad de labrado de neumáticos, con una resolución de 0,1 mm.

5.1.1.8 Luxómetro con regloscopio autoalineante de eje vertical y horizontal, con las siguientes características técnicas:

PARÁMETRO	REQUERIMIENTO
Rango de medición	De 0 a mínimo 250 000 candelas ($2,69 \times 10^6$ lux)
Alineación con el eje del vehículo	Automática

5.1.1.9 Banco detector de holguras, empotrado sobre una fosa iluminada o un elevador, con las siguientes características técnicas.

PARÁMETRO	REQUERIMIENTO
Tipo de banco	De dos placas, con movimientos longitudinales y transversales, iguales y contrarios. Accionamiento de placas con control remoto. Estará empotrado en el pavimento sobre la fosa o se incorporará al elevador.
Capacidad portante	1 000 kg por placa para vehículos livianos. 3 500 kg por placa para vehículos pesados.
Iluminación para detección visual	Lámpara halógena de alta potencia, regulable.

5.1.1.10 Analizador de gases: Analizador de 4 gases, con capacidad de actualización a 5 gases mediante la habilitación del canal de NOx, con las siguientes características técnicas:

PARÁMETRO	REQUERIMIENTO	
Características generales	Capacidad de medición y reporte automáticos de la concentración en volumen de CO, CO ₂ , HC's y O ₂ , en los gases emitidos por el tubo de escape de vehículos equipados con motores ciclo Otto de 4 tiempos alimentados por gasolina, GLP o GNC. Cumplirán con lo indicado en la Recomendación Internacional OIML R 99 (clase 1)/ ISO 3930 y la NTE INEN 2 203, lo que será demostrado mediante certificación del fabricante.	
Especificaciones adicionales	Capacidad de medición y reporte automáticos de la velocidad de giro del motor en RPM, factor lambda (calculado mediante la fórmula de Bret Shneider) y temperatura de aceite. La captación de RPM no tendrá limitaciones respecto del sistema de encendido del motor, sea este convencional (ruptor y condensador), electrónico, DIS, EDIS, bobina independiente, descarga capacitiva u otro.	
Rangos de medición	Variable	Rango de medición
	Monóxido de carbono (CO)	0 - 10%
	Dióxido de carbono (CO ₂)	0 - 16%
	Oxígeno (O ₂)	0 - 21%
	Hidrocarburos no combustionados	0 - 5 000 ppm
	Velocidad de giro del motor	0 - 10 000 rpm
	Temperatura de aceite	0 - 150 °C
	Factor lambda	0 - 2
Condiciones ambientales de funcionamiento	Temperatura	5 - 40 °C
	Humedad relativa	0 - 90%
	Altitud	Hasta 3 000 msnm
	Presión	500 - 760 mm Hg
Ajuste	Automático, mediante una mezcla certificada de gases.	
Sistema de toma de muestra	La toma de muestra se realizará mediante una sonda flexible a ser insertada en la parte final del tubo de escape.	

(Continúa)

5.1.1.11 Opacímetro de flujo parcial, con las siguientes características técnicas:

PARÁMETRO	REQUERIMIENTO	
Características Generales	Capacidad de medición y reporte automáticos de la opacidad del humo emitido por el tubo de escape de vehículos equipados con motores de ciclo Diesel. Cumplirán con la Norma Técnica ISO 11614, lo que será demostrado mediante certificación del fabricante .	
Especificaciones adicionales	Capacidad de medición de la velocidad de giro del motor en rpm y temperatura de aceite, para cualquier tipo de configuración del motor, sistema de alimentación de combustible y diámetro de cañería.	
Mediciones y resolución	0 - 100% de opacidad y	1% de resolución
	Factor K de 0 –9 999 (∞) m ⁻¹	0,01 m ⁻¹
Condiciones ambientales de funcionamiento	Temperatura	5 - 40 °C
	Humedad relativa	0 - 90%
	Altitud	Hasta 3 000 msnm
	Presión	500 - 760 mm Hg
Ajuste	Automático, mediante filtros certificados. (material de referencia certificada)	
Sistema de toma de muestra	La toma de muestra se realizará mediante una sonda flexible, a ser insertada en la parte final del tubo de escape.	

5.1.1.12 Sonómetro integral ponderado, con las siguientes características técnicas:

PARÁMETRO	REQUERIMIENTO
Características generales,	Filtros de ponderación requeridos Tipo "A" que cumpla con la Recomendación Internacional de la OIML R 88. Lo que será demostrado mediante certificación del fabricante
Rango de frecuencia	20 – 10 000 Hz
Rango de medición	35 – 130 dB.
Valor de una división de escala (resolución)	0,1 dB.

5.1.1.13 Velocímetro, tacógrafo y cuenta kilómetros, para la verificación de taxímetros en los vehículos de uso público, con las siguientes características técnicas:

PARÁMETRO	REQUERIMIENTO
Características Generales	Banco de rodillos con superficie antideslizante, con un coeficiente de fricción (μ) mínimo en seco o en mojado de 0,8. Para un solo eje.
Capacidad portante	1 500 kg.
Variables que deben ser determinadas automáticamente por el equipo	Velocidad del vehículo y distancia total recorrida por los neumáticos en kilómetros.
Valor de una división de escala (resolución)	1 km.h ⁻¹ ; 0,001 km

5.1.2 Todos los equipos deben estar instalados en línea, de manera que los vehículos puedan ser revisados en forma secuencial y continua.

5.1.3 Los equipos deben tener protección contra la alteración voluntaria o involuntaria de resultados.

5.2 Ajuste.

5.2.1 El ajuste del equipo se debe realizar siguiendo estrictamente los procedimientos y frecuencias especificados por el fabricante de los equipos.

5.2.2 Los equipos deben ser ajustados al menos luego de cada mantenimiento correctivo.

5.3 Procedimiento de revisión.

5.3.1 Antes de realizar las pruebas, se deben efectuar las siguientes **tareas:**

5.3.1.1 Precalentar y estabilizar todos los equipos.

5.3.1.2 Verificar la comunicación entre los módulos de la línea de revisión y el servidor central de procesos.

5.3.1.3 Limpiar todas las superficies de contacto, poniendo especial énfasis en eliminar residuos de grasa, lubricantes, agua o cualquier otro material que pueda producir deslizamientos no deseados.

5.3.2 La revisión técnica vehicular debe ser completamente documentada, mediante el formato de Certificado de Revisión definido por la autoridad competente, en función de los siguientes aspectos:

5.3.2.1 *Identificación del vehículo:*

- a)** Verificar la autenticidad de la documentación habilitante del vehículo y su correspondencia con el número de motor y/o chasis o el VIN, según corresponda.
- b)** Verificar el número de las placas del vehículo y su correspondencia con la documentación habilitante.
- c)** Verificar el certificado de revisión técnica vehicular y el adhesivo anterior correspondiente (exceptuando vehículos nuevos).
- d)** Verificar la correspondencia del color, marca y modelo del vehículo con los descritos en la documentación habilitante.
- e)** Ingresar la información de identificación del vehículo al sistema informático desde el terminal apropiado.

5.3.2.2 *Inspección visual:*

- a)** Esta revisión se debe realizar tomando en cuenta el tipo de vehículo y su configuración original, aplicando los temas de revisión en cada caso según corresponda.
- b)** Para todos los vehículos con carrocería de habitáculo o carga se debe revisar la existencia de óxidos o fisuras en los siguientes elementos estructurales:
 - b.1)** Pilares y puertas.
 - b.2)** Marcos de parabrisas.
 - b.3)** Anclajes y soportes de bisagras de puertas, compuertas y capot.
- c)** Para los vehículos con menos de 4 ruedas, se debe revisar la integridad de los elementos estructurales del chasis del vehículo.

- ch) Se debe revisar la no existencia de aristas vivas o materiales sobresalientes a la carrocería y que puedan poner en riesgo a sus ocupantes o a las demás personas.
- d) En vehículos de más de tres ruedas, se debe revisar la existencia de parachoques anterior y posterior así como su correcto anclaje y sujeción.
- e) En aquellos vehículos que los posean, se debe revisar que los acoples frontales y posteriores tales como tecele eléctrico, barra de tiro, gancho, tomas eléctricas, bolas de acople para remolque, etc. no sobresalgan de los parachoques ni obstruyan la visibilidad de placas y/o luces.
- f) En automotores de más de tres ruedas, se debe revisar la existencia de todos los vidrios del vehículo y su integridad.
- g) En los vehículos de uso público, se debe revisar la correcta apertura y cierre de todos los vidrios laterales.
- h) Comprobar la perfecta visibilidad del conductor del vehículo.
- i) Revisar la no existencia de vidrios polarizados no autorizados.
- j) Revisar la existencia e integridad de los dos espejos retrovisores laterales externos del vehículo.
- k) En vehículos de más de tres ruedas, se debe revisar la existencia del espejo retrovisor central interno a excepción de aquellos en los que, debido a sus características funcionales, no sea posible la visibilidad desde el interior hacia la parte posterior del vehículo.
- l) Comprobar la perfecta visibilidad del conductor a través de los retrovisores. ll)
Revisar el correcto anclaje y sujeción de los asientos.
- m) Revisar el correcto anclaje, sujeción y funcionamiento de los cinturones de seguridad.
- n) En aquellos asientos que posean espaldar con porta-cabezas, revisar que estos se encuentren instalados y firmemente sujetos.
- ñ) En vehículos automotores comprobar la existencia de pito o bocina.
- o) En automotores de más de tres ruedas, revisar la existencia y correcto funcionamiento de los limpiaparabrisas según corresponda.
- p) Revisar la existencia, colores y correcto funcionamiento de las luces de posición, de guía, de freno, direccionales, intermitentes de parqueo, de reversa; ésta última no se revisará en los vehículos de menos de cuatro ruedas.
- q) Para los vehículos de más de 9 pasajeros, vehículos y unidades de carga, además de lo indicado en el literal p) la existencia y correcto funcionamiento de las luces de volumen.
- r) En los vehículos de más de 9 pasajeros, se debe revisar la existencia de los adhesivos reflectantes reglamentarios.
- s) Revisar la existencia y correcto cierre de las tapas del combustible.
- t) En los vehículos de uso público, se debe revisar la uniformidad y correcta instalación de la cubierta del piso, la misma que debe ser de un material antideslizante y sin orificios, salientes o aristas vivas.

- u) En vehículos de uso público revisar además los requisitos específicos establecidos por la autoridad competente, para obtener la habilitación operacional.**
- v) Para los vehículos equipados con sistemas de combustible GLP, se debe verificar el cumplimiento de las NTE INEN 2310 y 2311 y las que correspondan para el caso de vehículos equipados con sistemas de combustible GNC.**
- w) Se debe revisar las siguientes reformas a la constitución original del vehículo:**
 - w.1) Sustitución del motor por otro de distinta marca y/o tipo.**
 - w.2) Modificación del motor que produzca una variación de sus características mecánicas o termodinámicas, que den lugar a considerar al vehículo como de otro tipo.**
 - w.3) Cambio de ubicación del motor.**
 - w.4) Modificación del sistema de alimentación de combustible para sustituir el que normalmente se emplea en el vehículo por otro de diferentes características, o para utilizar uno y otro indistintamente.**
 - w.5) Cambio o modificación del sistema de frenos.**
 - w.6) Incorporación o eliminación de freno motor.**
 - w.7) Sustitución de caja de velocidades, sincrónica por automática o semiautomática y viceversa. Sustitución de la caja de velocidades por otra caja de distinto número de velocidades.**
 - w.8) Adaptaciones para la utilización por personas discapacitadas o de autoescuelas con modificación de mandos y/o elementos que afecten a la seguridad.**
 - w.9) Modificación del sistema de dirección.**
 - w.10) Montaje de separadores o ruedas de especificaciones distintas a las originales.**
 - w.11) Sustitución de los neumáticos por otros que no cumplan los siguientes criterios de equivalencia respecto de los originalmente recomendados por el fabricante del automotor:**
 - Índice de capacidad de carga.
 - Índice de categoría de velocidad.
 - Diámetro exterior.
 - Perfil y ancho de neumáticos según el tipo de aro.
 - w.12) Montaje de ejes supletorios o sustitución de ejes “ Tandem “ por “ Tridem “ o viceversa. w.13)**

Sustitución total o parcial del chasis o de la estructura autoportante, especialmente cuando la parte sustituida sea la que lleva grabado el número del chasis o VIN.
 - w.14) Reformas del chasis o de la estructura autoportante, cuando origine modificación en sus dimensiones o en sus características mecánicas, o sustitución total de la carrocería por otra de características diferentes.**
 - w.15) Modificaciones de distancia entre ejes o de voladizos.**
 - w.16) Aumento del Peso Bruto Vehicular (PBA).**

- w.17) Variación del número de asientos.
 - w.18) Transformación de un vehículo para el transporte de personas en vehículo para transporte de carga o viceversa.
 - w.19) Transformación de un camión de carga a camión de volteo (volquete), camión cisterna, camión isoterma o frigorífico, camión grúa o wincha, tractocamión, camión hormigonero, porta vehículos o autobús.
 - w.20) Transformación a vehículo blindado.
 - w.21) Modificación de las dimensiones exteriores de un vehículo, de su elevación o de su emplazamiento.
 - w.22) Transformaciones que afecten a la resistencia de las carrocerías o a su acondicionamiento interior, tales como ambulancia, funerario, canastilla, bomberos, etc.
 - w.23) Incorporación de elevadores hidráulicos o eléctricos para carga.
 - w.24) Modificaciones del techo (integral, convertible).
 - w.25) Sustitución del volante original por otro de dimensiones menores.
 - w.26) Uso de conjuntos funcionales adaptables (kits) que simplifiquen una de las reformas antes citadas.
- x) Se debe revisar el tablero del vehículo, atendiendo a los siguientes aspectos, en función de la configuración original de fábrica del vehículo:
- x.1) Existencia y funcionamiento de luces indicadoras de carga a la batería, presión de aceite, temperatura del refrigerante y direccionales.
 - x.2) Existencia y funcionamiento de velocímetro y medidor del nivel de combustible.
 - x.3) Existencia y funcionamiento del sistema de iluminación nocturna del tablero.
- y) En los vehículos de más de tres ruedas, se debe revisar el juego del volante y verificar en cual de los siguientes rangos se encuentra:
- y.1) 1° - 45 °.
 - y.2) 46° - 59°.
 - y.3) 60° en adelante
- z) En vehículos motorizados de más de 3 ruedas revisar y documentar la existencia de: z.1)
- Llanta de emergencia;
 - z.2) Gata;
 - z.3) Llave de ruedas;
 - z.4) Triángulos reflectivos;
 - z.5) Botiquín; y
 - z.6) Extintor de incendios

5.3.2.3 Prueba de deriva dinámica:

- a) Esta prueba se aplica solo a vehículos de más de tres ruedas.
- b) Se debe verificar que la presión de inflado de los neumáticos del vehículo sea la recomendada por el fabricante de los mismos y que se encuentra impresa en la cara externa de estos.
- c) El vehículo, iniciará la revisión haciendo pasar uno de sus neumáticos delanteros por sobre la placa móvil, a la velocidad indicada por el fabricante del equipo.
- d) El resultado se debe expresar en m. Km⁻¹.

5.3.2.4 Prueba de suspensiones:

- a) Esta prueba se aplica solo a vehículos de más de tres ruedas y con un peso neto inferior a los 3 500 kg.
- b) El vehículo debe posicionarse sobre las placas vibratoras eje por eje, la prueba no debe iniciarse antes de que el eje a revisar se encuentre en la posición indicada por el fabricante del equipo y el automotor haya sido correctamente asegurado.
- c) Se debe documentar la eficiencia porcentual de las suspensiones frontal y posterior.

5.3.2.5 Prueba de frenado:

- a) Esta prueba se aplica a todos los vehículos.
- b) El vehículo debe posicionarse sobre los rodillos giratorios eje por eje, la prueba no debe iniciarse antes de que el eje a revisar se encuentre en la posición indicada por el fabricante del equipo y el vehículo haya sido correctamente asegurado.
- c) Se debe documentar la eficiencia total de frenado y el desequilibrio del frenado de las ruedas de un mismo eje, en porcentaje.

5.3.2.6 Prueba de luces:

- a) En todos los vehículos se debe revisar y documentar la intensidad luminosa y la alineación vertical y horizontal de las luces frontales de carretera y de cruce mediante el luxómetro y regloscopio autoalineante.

5.3.2.7 Prueba de holguras

- a) Esta prueba se debe aplicar solo a vehículos de más de tres ruedas.
- b) Se debe conducir el vehículo hasta el banco detector de holguras, posicionando sus ruedas de dirección sobre las placas móviles, de acuerdo con las indicaciones del fabricante del equipo y asegurando el vehículo en esa ubicación.
- c) Si el equipo está montado sobre un elevador en lugar de una fosa, se procederá a su elevación, hasta que el borde inferior de la carrocería se encuentre por sobre la cabeza del técnico revisor.
- d) Las placas deben ser accionadas por el técnico revisor desde la fosa o en la parte inferior del elevador del vehículo y con la ayuda de la lámpara halógena se revisarán y, de ser encontradas, se documentarán las siguientes observaciones:

d.1) Ejes y/o brazos delanteros y posteriores con deformaciones, fisuras, roturas, soldaduras defectuosas y huellas de sobrecalentamiento.

d.2) Defectos en la fijación al chasis o a la carrocería.

d.3) Guardapolvos inexistentes o con:

- **Ruptura de la goma exterior de protección.**
- **Desgaste excesivo de las juntas interiores y pérdida de rigidez.**

(Continúa)

d.4) Juegos excesivos en todas las uniones.

d.5) Rodamientos rotos o defectuosos.

2.4 Ballestas con:

- Bujes rotos, deformados o con juego excesivo.
- Hojas rotas, deformadas o reparadas.
- Abrazaderas flojas.
- Pernos y tornillos flojos o aislados.
- Soportes agrietados, deformados o rotos.
- Juegos sobre los ejes.
- Arandelas de seguridad muy desgastadas.
- Topes de ballestas inexistentes o en mal estado.

d.7) Muelles o resortes helicoidales con :

- Roturas, fisuras o deformaciones.
- Soportes y anclajes flojos o en mal estado.
- Topes inexistentes o en mal estado.
- Juegos sobre los ejes.
- Pernos y tornillos flojos o aislados.
- Soportes agrietados, deformados o rotos.

3.6 Suspensiones neumáticas o hidráulicas con fugas, deformaciones, accionamientos incorrectos, juegos excesivos, anclajes o sujeciones defectuosos.

3.7 Amortiguadores con:

- 3.7.1 Fijación incorrecta o floja.**
- 3.7.2 Fugas de aceite.**
- 3.7.3 Deformaciones, golpes, roturas o fisuras.**
- 3.7.4 Soldaduras.**
- 3.7.5 Funcionamiento incorrecto.**

3.8 Bielas, barras de torsión y triángulos de suspensión con:

- 3.8.1 Incorrecta fijación al chasis o carrocería.**
- 3.8.2 Deformaciones, fisuras, roturas o soldaduras.**
- 3.8.3 Ejes de giro defectuosos o trabados.**
- 3.8.4 Rótulas de suspensión defectuosas o con juego**

excesivo. d.11) Sujeción de la carrocería al chasis defectuosa o

insuficiente.

(Continúa)

d.12) Fondo bajo de la carrocería con:

- 4 Deformaciones o roturas.**
- 5 Golpes o aplastamientos.**
- 6 Corrosión o deterioro.**
- 7 Reparaciones por soldadura mal realizadas.**
- 8 Sobrecalentamiento como resultado de enderezamientos.**
- 9 Orificios en las alas de los largueros.**

d.13) Fugas en los depósitos de aceite y agua.

d.14) Fugas en bombas y compresores.

4.2 Sistema de transmisión con:

- 5 Fisuras, roturas, soldaduras o deformaciones en cualquiera de los elementos.**
- 6 Juegos excesivos.**
- 7 Alineación imperfecta de árboles**
- 8 Desgaste en rodamientos de crucetas.**
- 9 Deformación del árbol.**
- 10 Desgaste de entalladuras encastes (estriados corredizos).**
- 11 Fijación defectuosa de soportes al chasis.**
- 12 Semiejes con juegos o deteriorados.**

4.3 Sistema de escape libre, alterado, roto o que incumpla con las disposiciones legales vigentes.

5.3.2.8 Comprobación de desgaste de neumáticos:

- 6 Esta prueba se debe realizar en todos los vehículos.**
- 7 Con la ayuda del detector de profundidad de labrado, se debe revisar la profundidad del surco de más desgaste de todos y cada uno de los neumáticos del vehículo.**
- 8 Se documentará la menor de las profundidades leídas.**

5.3.2.9 Prueba de ruido:

- 7 Esta prueba se debe realizar en todos los automotores.**
- 8 El sonómetro debe estar ubicado junto a la línea de revisión, siguiendo las recomendaciones del fabricante en cuanto a la altura y la distancia respecto de la trayectoria vehicular, al ángulo respecto a la horizontal y a los aditamentos requeridos para una adecuada medición.**
- 9 Se documentará el Nivel de Presión Sonora equivalente (NPSeq) en decibeles (dB), producido por el vehículo durante su paso por la línea de revisión.**

(Continúa)

5.3.2.10 Prueba de emisiones:

- 8 Para los vehículos propulsados por motores ciclo Otto de 4 tiempos, el método de ensayo debe ser el descrito en la NTE INEN 2203.**
- 9 Para los vehículos propulsados por motores de ciclo Diesel, el método de ensayo debe ser el descrito en la NTE INEN 2202.**

APÉNDICE Z

Z.3 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR

- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2202:1999 *Gestión Ambiental. Aire. Vehículos Automotores. Determinación de la Opacidad de Emisiones de escape de Motores de Dese Mediante la Prueba Estática. Método de aceleración Libre.*
- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2203:1999 *Gestión Ambiental. Aire. Vehículos Automotores. Determinación de la Concentración de Emisiones de Escape en Condiciones de Marcha Mínima o "Ralenti" para Motores a Gasolina*
- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2204:1998 *Gestión Ambiental. Aire. Vehículos Automotores. Límites permitidos de Emisiones Producidas por Fuentes Móviles Terrestres de Gasolina.*
- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2205:1999 *Vehículos automotores. Bus urbano. Requisitos.*
- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2207:1998 *Gestión Ambiental. Aire. Vehículos Automotores. Límites permitidos de emisiones Producidas por Fuentes Móviles Terrestres de Diesel*
- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2310:2000 *Vehículos Automotores. Funcionamiento de vehículos con GLP. Equipos para carburación dual GLP/ Gasolina o solo de GLP en motores de combustión interna. Requisitos.*
- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2311:2000 *Aire. Vehículos Automotores. Funcionamiento de vehículos con GLP. Conversión de motores de combustión interna con sistema de carburación solo de gasolina por carburación dual GLP Gasolina o solo de GLP. Requisitos*
- Norma ISO 3930 *Road vehicles – Measurement methods for exhaust gas emissions produced during inspection or maintenance.*
- Norma ISO 11614 *Reciprocating internal combustion compressioignition engines. Apparatus for measurement the opacity and for determinaion of the light absorption coefficient of exhaust gas*
- International Recommendation OIML R 23 *Tyre pressure gauges for motor vehicles.*
- International Recommendation OIML R55 *Speedometers, mechanical adometers and chronotachographs for motor vehicles. Metrological regulations.*
- International Recommendation OIML R 88 *Integrating-averaging sound level meters.*
- International Recommendation OIML R 99 *Instruments for measuring vehicle exhaust emissions*
- Registro Oficial No. 1 002 del 2 de agosto de 1996 *Ley de Tránsito y transporte Terrestres*
- Suplemento del Registro Oficial No. 118 del 28 de enero del 1997 *Reglamento General para la aplicación de la Ley de Tránsito y Transportes Terrestres*

Z.4 BASES DE ESTUDIO

Manual de procedimientos de Verificación Técnica de Vehículos. Ministerio de Obras y Servicios Públicos. Buenos Aires, 1999.

Otros trámites:

El Consejo Directivo del INEN aprobó este proyecto de norma en sesión del 20-02-10-22

Oficializada como: Voluntaria Por Acuerdo Ministerial No. 02-506 del 2002-12-26
Registro Oficial No. 745 del 2003-01-15

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Baquerizo Moreno E 8-29 y Av. 6 de
Diciembre Casilla 17-01-3999 - Telfs: (593 2)2 501885 al 2 501891 - Fax: (593 2) 2 567815
Dirección General: [E-Mail:furresta @ inen.gov. ec](mailto:furresta@inen.gov.ec)
Área Técnica de Normalización: [E-Mail:normalizacion @
inen.gov.ec](mailto:normalizacion@inen.gov.ec) Área Técnica de Certificación: [E-Mail:certificacion @
inen.gov.ec](mailto:certificacion@inen.gov.ec)
Área Técnica de Servicios Tecnológicos: [E-Mail:inenc ati @
inen.gov. ec](mailto:inencati@inen.gov.ec) Regional Guayaquil
Regional Chimborazo:

**Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Baquerizo Moreno E8-29 y Av. 6
de Diciembre Casilla 17-01-3999 - Telfs: (593 2)2 501885 al 2 501891 - Fax: (593 2)
2 567815**

Dirección General: E-Mail:furresta@inen.gov.ec

Influencia del tipo de bujía en la evaluación del comportamiento y emisiones en un motor de encendido provocado

(Influence of the type of spark plug in the evaluation of the performance and emissions caused in an ignition engine)

Gabriel Serpa¹, Xavier Zumba¹, Francisco Montalvo¹, Daysi Baño¹, Jorge Martínez¹, Iván Zambrano¹

Resumen

La presente investigación se realiza en la ciudad de Cuenca a 2500 m.s.n.m. y analiza la influencia del tipo de bujía utilizada en un motor de encendido provocado (MEP) en las prestaciones mecánicas del motor, sus emisiones contaminantes y el consumo específico del combustible. Se utilizan seis tipos de bujías disponibles en el mercado nacional, las mismas que presentan diferentes características de material, grado térmico, apertura y números del electrodo. El comportamiento mecánico del motor y el consumo específico de combustible se evalúan mediante un banco de pruebas en un dinamómetro; las emisiones contaminantes se miden bajo el protocolo de prueba estática establecido por la NTE INEN 2203 y con una prueba de ruta de 11 km en zona urbana y carretera a base del ciclo de conducción NEDC (New European Driving Cycle). En el estudio se obtiene un incremento del 16 % en el rendimiento del motor para un tipo específico de bujía, conjuntamente con la disminución en la emisión de gases contaminantes, menor consumo de combustible y mejor comportamiento del motor en frío, sin sacrificar el torque y la potencia del vehículo de prueba. Además, se aprecia un ahorro en el mantenimiento del motor.

Palabras clave

Motor de encendido provocado; emisiones contaminantes; torque y potencia; bujías.

Abstract

This research was made in Cuenca at 2500 meters above sea level (masl), and it studied the influence of the use of different types of spark plugs in a spark-ignition engine on the mechanical performance of the engine, the pollutant emissions, and fuel consumption. Six types of spark plugs that are available in the national market are made of different materials, have different thermal properties, and have different electrode openings. In addition, the mechanical performance of the engines and their fuel consumption were evaluated through dynamometer testing. Moreover, the polluting emissions were measured under the static test protocol established by the NTE INEN 2203 and with an 11 km route test in urban areas and on highway based on the New European Driving Cycle. The research showed that a specific spark plug increases 16 % of the engine performance due to not only some factors such as less pollution, better cold behavior, lower fuel consumption, but also maintains the torque and power of the vehicle. In addition, this spark plug generates savings on maintenance and annual fuel consumption.

Keywords

Spark-ignition engine, spark plugs, pollutant emissions; torque and power.

1. Introducción

Esta investigación busca determinar la influencia del tipo de bujía utilizado en las prestaciones mecánicas y en las emisiones contaminantes en un vehículo con motor de encendido provocado (MEP) con inyección electrónica utilizando seis tipos de bujías diferentes, considerando los altos índices de contaminación ambiental en la ciudad de Cuenca como resultado del incremento en la demanda de vehículos; según la AEADE se estima un crecimiento del parque auto-

¹ Escuela Politécnica Nacional, Quito-Ecuador ({gabriel.serpa, xavier.zumba, francisco.montalvom, daysi.banom, jorge.martinez, ivan.zambrano}@epn.edu.ec).

motor del 13 % anual. Con base en los estudios realizados por la Unidad de Tránsito Municipal de la ciudad de Cuenca; el incremento del parque automotor ha elevado los índices de ruido y gases contaminantes en el ambiente. La municipalidad de Cuenca con la finalidad de mejorar la calidad del aire ha implementado controles de emisiones y de estado mecánico a todos los vehículos matriculados en la ciudad a partir de 2008.

Actualmente, las emisiones contaminantes han sido un tema cuyo impacto ambiental se ha venido estudiando bajo diferentes circunstancias, por ejemplo, Antamba et al. (2016) evalúa las emisiones de un vehículo en toda la comunidad andina en donde determinan que el tipo de gasolina utilizado y el lugar en donde trabaja el motor hace que las emisiones varíen; asimismo Llanes, Rocha, Peralta y Leguísamo, (2018), estudian a las emisiones vehiculares específicamente en la ciudad de Quito a 2800 m.s.n.m., verificando que los factores de emisión de un vehículo serán diferentes en condiciones de altura con respecto al nivel del mar.

En este sentido, se han buscado diferentes alternativas que permitan la reducción de los gases contaminantes, sin dejar de lado la disminución del consumo de combustible. En un estudio realizado por Guzman et al. (2018) se utilizan mezclas de gasolina extra (87 octanos) y gasolina super (92 octanos), obteniendo una disminución de emisiones contaminantes con una mezcla determinada; asimismo el uso de tecnología GDI en el motor permite disminuir las emisiones de contaminación (Krishna, Mallikarjuna y Davinder, 2016). Sin embargo, dentro de la cámara de un motor no solo la inyección del combustible afecta directamente al proceso de combustión, sino también las características que presenta la bujía utilizada, por esta razón su correcta aplicación puede garantizar el desempeño óptimo del motor; sus características de diseño como el espacio de la brecha, tamaño y número del electrodo, y la configuración de la punta influyen en el rendimiento del motor con la menor emanación de gases contaminantes (Burgett, Leptich y Sangwan, 2007). Según Saw y Mallikarjuna (2017) la ubicación del inyector de combustible y de la bujía influyen en gran medida en la mezcla aire-combustible, la combustión, el rendimiento y características de emisión. La combinación de la bujía ubicada en la parte central de la cámara de combustión y el inyector de combustible a un lado produce una mejor combustión y rendimiento en el motor. Costa y Allocca (2011) también afirman que la orientación del inyector de combustible influye de manera significativa en la formación de la mezcla.

Sjeri'c, Taritašy Kozarac (2017) mediante una simulación confirman que el uso de un electrodo de iridio en la bujía mejora la combustión y la estabilidad sobre el rango de operación analizado del motor, con una mejora máxima de 13.5% en carga parcial y baja velocidad del motor. También establecen que la geometría de la bujía tiene potencial para mejorar la estabilidad del motor y la economía de combustible. Yorita et al. (2007) mostraron que el centro fino y el electrodo de tierra de la bujía permiten una mejor inflamabilidad y mejora la eficiencia de combustión. Con esta investigación concuerdan Lee y Boehler (2005) quienes probaron el rendimiento de un motor con tres diferentes tipos de bujías principales: una bujía estándar J-gap con un electrodo central de 2.5 mm, una bujía J-gap con un electrodo central de 0.6 mm y una bujía de descarga de superficie con un electrodo central de 0.4 mm y cuatro electrodos de tierra; en donde observaron que la bujía J-gap con el electrodo central fino tenía el rendimiento del motor más estable y menor consumo de combustible. Es decir, una bujía con finos electrodos de centro y de tierra producen una menor combustión variación con una reducción de aproximadamente 3.1 % en CO y 2.4 % en el consumo de combustible en comparación con la chispa normal (Ahmed y Rehim, 2012).

Burgett et al. (1972) coinciden con Tawfik, Bao y Xu (2017) en que el efecto de la brecha de la bujía es dominante para tener una mezcla pobre, rica o estequiométrica. Pero además, Tawfik et al. (2017) concluyen que la potencia del motor aumenta ligeramente y la combustión se vuelve más estable a medida que aumenta el espacio de la bujía. Con la brecha máxima de la bujía, el motor produce emisiones mínimas de hidrocarburos. Sin embargo, las emisiones de NO_x se incrementan a medida que la brecha de la bujía se agranda debido a la temperatura más alta acompañada con el aumento de la velocidad de la llama y la presión en el cilindro.

Por lo tanto, la evaluación de emisiones, el comportamiento del motor y el consumo de combustible para diferentes bujías es una alternativa que mediante su experimentación puede plantear soluciones muy prácticas que disminuyan las emisiones contaminantes sin comprometer el desempeño del motor.

2. Metodología

Los ensayos realizados en el estudio determinan los valores de algunas emisiones contaminantes como: monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC), dióxido de carbono (CO₂) y el factor lambda. Además, se analiza el comportamiento del motor obteniendo información del ancho de pulso de la inyección, el avance de encendido, consumo de combustible, el torque y la potencia. Estos ensayos se realizan mediante pruebas estáticas y pruebas dinámicas. Las pruebas dinámicas se efectúan en ruta y en un dinamómetro.

Antes de llevar a cabo las pruebas mencionadas se desinstaló el catalizador del sistema de evacuación de gases, evitando de esta manera que los gases contaminantes emitidos por el motor sean tratados por este dispositivo, analizando así los valores netos de los gases sin el post-tratamiento respectivo.

El desarrollo de las pruebas hace referencia a la norma NTE INEN 2 203 y ciclo al europeo de conducción NEDC, realizando tres mediciones en cada ensayo.

2.1 Equipos utilizados

El estudio se realiza con un vehículo de marca Chevrolet, modelo Grand Vitara de año de fabricación 2014, sus características técnicas se detallan en la Tabla 1.

Tabla 1. Características técnicas del vehículo

Cilindrada [cc]	1996
Alimentación	MPFI
n.º de cilindros	4 en línea
n.º de válvulas	16
Potencia [KW @rpm]	94.7 @6000
Par [Nm @rpm]	173,6 @4301
Transmisión	Mecánica 4x2
Velocidades	5 - reversa
Capacidad de carga [kg]	650

La medición de emisiones se realiza mediante un analizador de gases NGA 6000 QRO-TECH mostrado en la Figura 1, y sus datos técnicos se indican en la Tabla 2.

Tabla 2. Especificaciones del analizador de gases NGA 6000.

	CO	CO ₂	HC	O ₂	Lambda
Rangodemedición	0.00-9.99 %	0.0 - 20%	0 - 9999 ppm	0.00 – 25 %	0 - 2
Resolución	0.01 %	0.1 %	1 ppm	0.01 %	0.001 %

Figura 1. Analizador de gases NGA 6000 QROTECH



Una parte de las pruebas dinámicas se realizan en un dinamómetro marca MAHA LPS 3000 mostrado en la Figura 2, en él se puede determinar la potencia y torque máximos del motor para cada tipo de bujía que se utilice en el vehículo. El equipo cumple con las normas internacionales: SAE J1349 o JIS D1001, EWG 80/1269, DIN 70020, ISO 1585.

Figura 2. Dinamómetro LPS 3000



Durante las pruebas estáticas y dinámicas se monitorea el ancho de pulso de inyección y el avance de encendido con un scanner automotriz marca Carman Scan Lite.

Los tipos de bujías utilizados basándose en la disponibilidad el mercado nacional presenta diferentes características de material, grado térmico, apertura y geometría del electrodo y se han identificado con una numeración, en la Tabla3 se detallan las características de cada bujía utilizada.

Tabla 3. Características de las bujías utilizada.

Bujía	Material del electrodo	Codificación	Grado térmico
Tipo 1	aleación de cobre-níquel	BKR6E-11	medio
Tipo 2	aleación de cobre-níquel	MFR3LS	frío
Tipo 3	Iridio	IK20	medio
Tipo 4	cuatro electrodos, aleación de cobre-níquel	UXF79	frío
Tipo 5	platino	FR8DPX	caliente
Tipo 6	aleación de cobre-níquel	BKR5E-11	caliente

2.2. Protocolo de pruebas, prueba estática

La prueba estática se realiza una vez que el motor haya conseguido su temperatura normal de funcionamiento en el motor, en marcha mínima (ralentí) y a 2500 rpm para cada tipo de bujía en estudio. Se midieron cuatro tipos de gases contaminantes que son: hidrocarburos (HC), monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂) y oxígeno (O₂), además se registró el valor del factor lambda, ancho de pulso de inyección y avance de encendido. Esta prueba se realizó considerando el protocolo establecido en la norma INEN 2 203, mismo que se describe a continuación:

- Ubicar el vehículo en el punto de partida.
- Instalar los equipos de instrumentación en el vehículo.
- Encender el motor.
- Estabilizar en ralentí a la temperatura normal de funcionamiento.
- Acelerar y estabilizar el régimen del motor a 2500 ± 300 rpm.
- Tomar datos
- Estabilizar el motor en ralentí (Tiempo de espera 30 s aproximadamente).
- Tomar datos.
- Apagar el motor.
- Cambiar el tipo de bujía.

2.3. Protocolo de Pruebas, prueba dinámica

En el estudio se realizaron dos tipos de pruebas dinámicas para cada bujía, una prueba en ruta que consiste en la medición de gases y consumo de combustible mediante un ciclo de conducción establecida por la NEDC; y una prueba que evalúa el comportamiento mecánico del motor en un dinamómetro.

La prueba en ruta establecida por la NEDC considera un tramo de 11 km con una duración de 1180 segundos en donde se realiza cuatro repeticiones del ciclo urbano y un ciclo en carretera de forma consecutiva, en donde la primera repetición evalúa el comportamiento en frío del motor. El modo de conducción para el ciclo urbano se muestra en la Figura 3, este ciclo se repite cuatro veces, y luego se realiza el ciclo de carretera que se indica en la Figura 4.

Figura 3. Ciclo NEDC urbano EPA. (2013). Testing and measuring emissions (en línea)

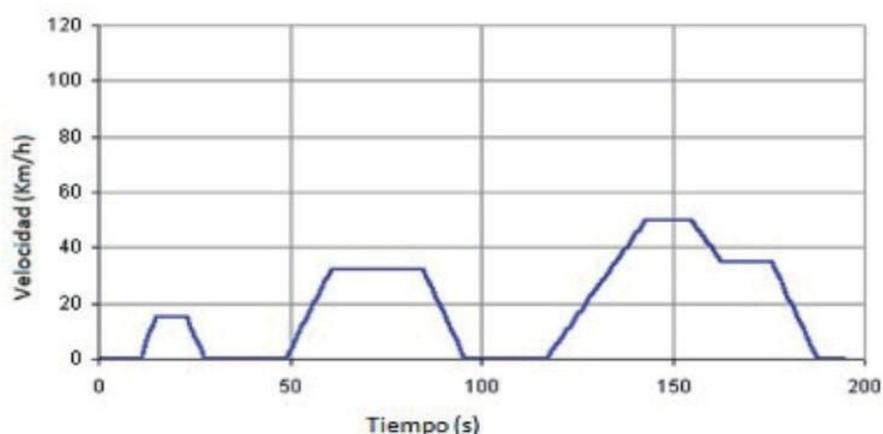
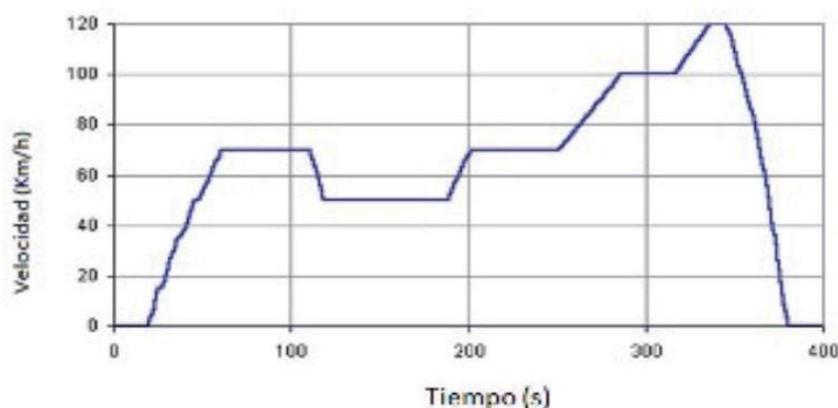


Figura 4. Ciclo NEDC en carretera EPA. (2013). Testing and measuring emissions (en línea)



Para ajustar el ciclo de conducción europeo NEDC a una prueba de ruta es importante considerar las siguientes condiciones de ruta y ambientales (SAE, 2002)

- Ausencia de lluvia o niebla
- Carretera en buen estado: seca, limpia y lisa (Asfalto o Concreto).
- Pendiente menor al 0.5 %.
- Temperatura ambiente (20 °C-30 °C).
- Tramo recto de 11 km.
- Tramos sin cruces peligrosos.
- Carretera.
- Velocidad promedio del viento menor a 24 km/h o con picos mayores a 32 km/h.

El protocolo de pruebas realizado para el ciclo de conducción NEDC se detalla a continuación:

- Ubicar el vehículo en el punto de partida.
- Mantener en reposo al vehículo durante 6 horas.
- Constatar condiciones ambientales e iniciales.
- Iniciar con el ciclo urbano (el primero evalúa el comportamiento en frío del motor)
- Repetir el ciclo urbano tres veces más.
- Llevar a cabo el ciclo de carretera.

El dinamómetro se utilizó para determinar la potencia y torque máximos del motor para los diferentes tipos de bujías a ensayar.

- Posicionar el vehículo sobre los rodillos del dinamómetro.
- Instalar el ventilador frente al vehículo.
- Conectar los instrumentos de medición de rpm y temperatura del motor.
- Ingresar los datos técnicos del vehículo y el tipo de prueba a realizar.
- Encender el vehículo y esperar hasta su temperatura normal de funcionamiento.
- Verificar las rpm del motor con las que se registra en el equipo.
- Encender el ventilador.
- Acelerar el vehículo hasta la cuarta marcha (relación de transmisión 1:1), sin exceder los 50 km/h.

- Iniciar la prueba de medición.
- Presionar completamente el acelerador, hasta que el equipo indique que se presione el embrague, y por último un mensaje indica que se acelere nuevamente hasta que se termine la medición.
- Apagar el ventilador.
- Generar informe en la pantalla del banco de pruebas.
- Cambiar de bujía.
- Realizar nuevamente los ensayos de medición.

3. Resultados y discusión

Luego de realizar todas las pruebas requeridas para cada tipo de bujía, en la ciudad de Cuenca, en la Tabla 4 se presentan los resultados de las pruebas estáticas a 2500 rpm.

Tabla 4. Prueba estática (2500 rpm)

Bujía	HC [ppm]	CO [%]	CO ₂ [%]	O ₂ [%]	Lambda	Ancho de pulso [msec]	Avance de encendido [grados]
Tipo 1	73	0.42	13.2	1.64	1.062	2.91	38.17
Tipo 2	74	0.39	13.3	1.83	1.073	3.21	38.33
Tipo 3	65	0.51	13.5	1.69	1.074	3.27	38.17
Tipo 4	78	0.41	14.1	1.02	1.031	3.35	38.17
Tipo 5	63	0.52	13.5	1.8	1.065	3.14	38.33
Tipo 6	74	0.45	13.5	1.81	1.069	3.17	38.33

Con la bujía tipo 5, las emisiones de hidrocarburos y el ancho de pulso son más bajos que con los otros tipos de bujías. La bujía tipo 2 ayuda al motor a emitir la menor cantidad de monóxido de carbono.

Los resultados de la prueba estática en ralentí se indican en la Tabla 5.

Tabla 5. Prueba estática (ralentí)

Bujía	HC [ppm]	CO [%]	CO ₂ [%]	O ₂ [%]	Lambda	Ancho de pulso [msec]	Avance de encendido [grados]
Tipo 1	163	0.38	13.1	1.69	1.065	2.38	14
Tipo 2	170	0.3	13.1	2.29	1.098	2.47	15
Tipo 3	179	0.4	13.4	2.27	1,091	2.44	14
Tipo 4	222	0.31	14.6	0.86	1.021	2,,36	14
Tipo 5	152	0.48	12.9	2.06	1.082	2,41	13.5
Tipo 6	174	0.31	13.4	2.05	1.084	2.34	14

Se observa que a excepción de la bujía tipo 4, con todas las bujías se tienen valores menores a los límites que establece la norma NTE INEN 2204, (%CO<1, HC<200 ppm). La bujía tipo 5 presenta los valores más bajos en cuanto a emisiones y para todos los casos, la combustión se realiza con una mezcla pobre.

En la Tabla 6 se presentan los valores de la prueba dinámica en ruta.

Tabla 6. Prueba dinámica, ciclo NED

	1er Ciclo urbano (comportamiento en frío)		3 ciclos urbanos + 1 ciclo de carretera					
Bujía	HC [ppm]	CO [%]	HC [ppm]	CO [%]	CO ₂ [%]	O ₂ [%]	Lambda	Rendimiento [km/litro]
Tipo 1	220.35	0.69	175.52	0.5	12.81	2.23	1.09	9.4
Tipo 2	362.66	0.55	203.62	0.39	12.72	2.98	1.14	7.95
Tipo 3	245.11	0.85	174.68	0.59	13.36	2.77	1.12	8.9
Tipo 4	254.3	1.36	222.29	0.57	14.22	1.49	1.05	9.25
Tipo 5	179.53	0.65	150.24	0.59	16.66	2.69	1.12	8.1
Tipo 6	177.88	0.55	164.67	0.67	13.23	2.51	1.11	9.7

La bujía tipo 6 presenta menores valores de emisiones cuando el motor se encuentra frío y un mayor rendimiento de kilómetros por litro de combustible, sin embargo, la bujía tipo 5 presenta un mejor desempeño en todo el ciclo NEDC.

La evaluación del comportamiento del motor se realizó mediante la medición de la potencia máxima y el torque máximo a través de una carga simulada en un dinamómetro. La potencia obtenida para cada bujía se indica en la Tabla 7.

Tabla 7. Torque máximo para cada bujía @4500 rpm

Bujía	Potencia [KW]	Torque máx. [Nm]	Consumo [g/KWh]
Tipo 1	70.66	149.93	201.79
Tipo 2	71.16	150.93	211.68
Tipo 3	70.93	150.51	213.76
Tipo 4	70.19	148.95	209.06
Tipo 5	70.19	148.94	217.8
Tipo 6	71.33	151.36	218.02

Considerando que hay una diferencia menor al 2 %, se aprecia que con la bujía tipo 6 se consigue el torque máximo, parámetro que relaciona el consumo máximo de combustible.

La variación de la potencia para cada bujía ensayada se indica en la Tabla 8, con la bujía tipo 2 se obtiene la potencia y consumo máximo.

Tabla 8. Potencia máxima para cada bujía @6000 rpm

Bujía	Potencia máx. [KW]	Torque [Nm]	Consumo [g/KWh]
Tipo 1	87.83	139.77	216.22
Tipo 2	90.22	143.59	267.94
Tipo 3	88.69	141.16	258.17
Tipo 4	87.58	139.39	220.45
Tipo 5	87.8	139.73	234.36
Tipo 6	88.93	141.53	210.98

En forma general, considerando todas las pruebas realizadas se demuestra que cada bujía ofrece diversos comportamientos en función de sus características como se muestra en las Figuras 5,6,7,8,9,10.

Figura 5. HC [ppm] prueba estática

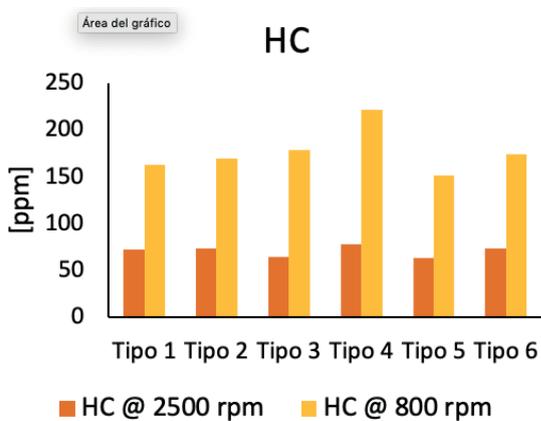


Figura 6. CO [%] prueba estática

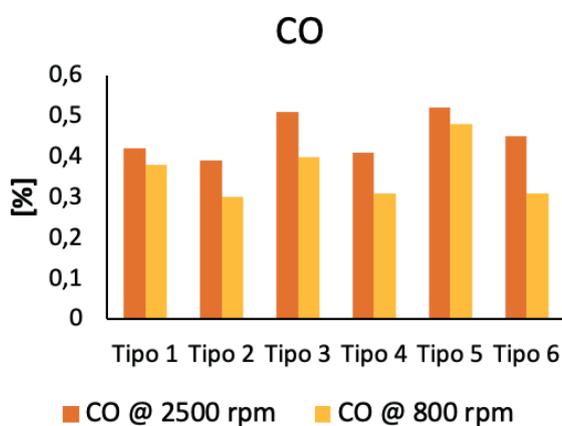


Figura 7. HC [ppm] prueba dinámica

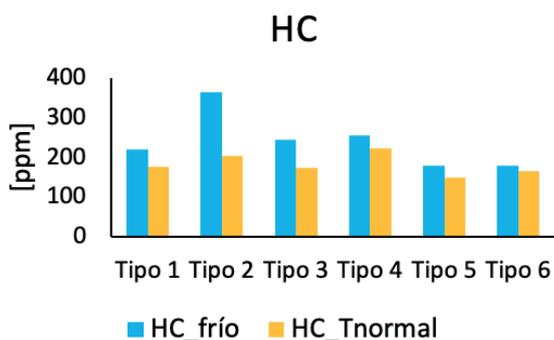


Figura 8. CO [%] prueba dinámica

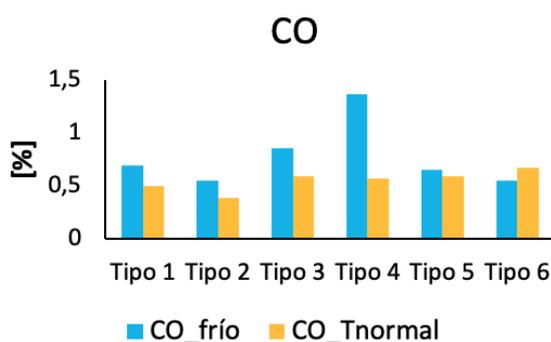


Figura 9. Torque y Potencia máxima

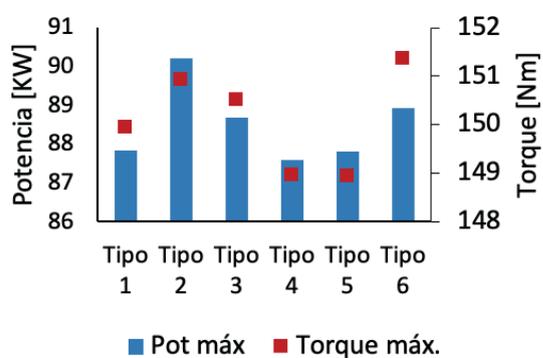
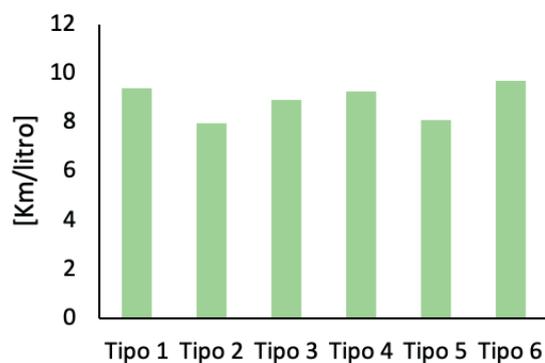


Figura 10. Rendimiento de combustible



Con la bujía tipo 5 y tipo 6 se expide menor cantidad de gases contaminantes, se presenta un mejor comportamiento en frío, un mayor rendimiento de combustible sin sacrificar las prestaciones mecánicas del motor de torque y potencia; estas bujías corresponden a un grado térmico caliente, y tienen características similares a excepción del material del electrodo. Tomando en cuenta el consumo de combustible y la prueba de potencia se considera que la bujía tipo 6 es la recomendada para su uso en el vehículo de prueba.

4. Conclusiones y recomendaciones

Cada tipo de bujía utilizada en un motor de combustión interna corresponde a un comportamiento diferente en sus prestaciones mecánicas y emisiones contaminantes, por esta razón es importante determinar cuáles es el tipo de bujía mas adecuado para obtener un mejor desempeño y menor consumo de combustible.

Al analizar el resultado de las pruebas estáticas y dinámicas se observa que con una bujía de un solo electrodo, grado térmico caliente se puede mejorar en un 16 % el desempeño del motor, es decir, que con este tipo de bujía se expide menor cantidad de gases contaminantes, se tiene mejor comportamiento en frío, mayor rendimiento de combustible sin afectar significativamente el torque y potencia del vehículo.

El uso de una bujía con un grado térmico menor (bujía caliente), puede ayudar a mantener una temperatura adecuada de funcionamiento en la cámara de combustión en las condiciones ambientales y de funcionamiento en una ciudad a 2500 m.s.n.m., lo que se refleja en la disminución de emisión de los hidrocarburos.

La brecha del electrodo o luz del mismo es un parámetro que influye en las emisiones contaminantes; sería importante establecer la luz mas adecuada del electrodo para diferentes alturas sobre el nivel del mar.

Evaluar el comportamiento mecánico y emisiones de otros motores con el tipo de bujía que ha presentado el mejor desempeño, así se aumentará el número de la muestra y se podrá generalizar los datos obtenidos.

Bibliografía

- Antamba, J., Reyes, G., y Granja, M. (2016). Estudio comparativo de gases contaminantes en un vehículo M1, utilizando gasolina de la Comunidad Andina. *Enfoque UTE*, V.7-3, 110-119.
- Abdel-Rehim, A. A. (2013). Impact of spark plug number of ground electrodes on engine stability. *Ain Shams Engineering Journal*, 4(2), 307-316. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2012.09.006>
- Badawy, T., Bao, X. C., y Xu, H. (2017). Impact of spark plug gap on flame kernel propagation and engine performance. *Applied Energy*, 191, 311-327. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.01.059>
- Burgett R, Leptich J, Sangwan K. Measuring the effect of spark plug and ignition system design on engine performance. *SAE technical paper 720007*; 1972. <http://dx.doi.org/10.4271/720007>
- Costa M. U. S. y Allocca L. (2011). Numerical study of the mixture formation process in a Fourstroke GDI Engine for two-wheel applications *Simulation Modelling Practice and Theory*, 19 (2011), 1212-1226.
- Craver R., Podiak R., y Miller R. Spark plug design factors and their effect on engine performance. *SAE technical paper 700081*; 1970. <http://dx.doi.org/10.4271/700081>
- EPA. (2013). Testing and measuring emissions (en línea). U.S. Recuperado de: www3.epa.gov/nvfel/testing/dynamometer.htm. (accedido el 21/03/2018).

- Guzmán, A., Cueva, E., Peralvo, A., Revelo, M., y Armas, A. (2018). Estudio del rendimiento dinámico de un motor Otto al utilizar mezclas de dos tipos de gasolinas : “ Extra ” y “ Súper ”; *Enfoque UTE*, 9(4), 208-220.
- Hori, T., Shibata, M., Okabe, S., y Hashizume, K. (2003). Super ignition spark plug with fine center and ground electrodes. *SAE paper 2003-01-0404*.
- Krishna, S., Mallikarjuna, J. M. y Davinder, K. (2016). Effect of Engine Parameters on In-Cylinder Flows in a Two-Stroke Gasoline Direct Injection Engine. *Applied Energy* 176, 282-294.
- Lee, Y. G., y Boehler, J. T. (2005). Flame kernel development and its effects on engine performance with various spark plug electrode configurations. *SAE Technical Paper 2005-01-1133*, Society of Automotive Engineers, Detroit.
- Llanes, E., Rocha, J., Peralta, D., y Leguísamo, J. (2018). Evaluación de emisiones de gases en un vehículo liviano a gasolina en condiciones de altura. Caso de estudio Quito, Ecuador. *Enfoque UTE*, 9(2), 149-158.
- Nishio, K., Oshima, T., Ogura, H. (1994). A study on spark plug electrode shape. *Int J Veh Des*, 15, 119-30. Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 203:2000. Gestión Ambiental. Aire. Vehículos Automotores. Determinación de la concentración de emisiones de escape en condiciones de marcha mínima o “ralentí”. Prueba estática (1.ª ed.). Quito: INEN.
- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 204:2002. Gestión Ambiental. Aire. Vehículos Automotores. Límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres de gasolina (1.ª ed.). Quito, Ecuador: INEN.
- Osamura, H. (2000). “Development of long life and high ignitability iridium spark plug. Seoul 2000 FISITA world automotive congress, Paper number F2000A144, Korea.
- Saw, O. P., & Mallikarjuna, J. M. (2017). Effect of spark plug and fuel injector location on mixture stratification in a GDI engine-A CFD analysis. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (vol. 243). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/243/1/012025>
- Shimanokami, Y., Matsubara, Y., Suzuki, T., y Matsutani, W. (2004). Development of high ignitability with small size spark plug. *SAE paper 2004-01-0987*.
- Sjerić, M., Taritaš, I., y Kozarac, D. (2017). Effect of Spark Plug Geometry on the Cyclic Combustion Variability and Fuel Consumption of Gasoline Engines. *Journal of Energy Engineering*, 143(6). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)EY.1943-7897.0000492](https://doi.org/10.1061/(ASCE)EY.1943-7897.0000492)
- Yamaguchi, T., Nakamura, S., y Oshima, T. (1987). Spark plug and its electrode configuration. Google Patents; 1987
- Yorita, H., Okabe, S. I., Ishiguro, H., y Shibata, M. (2007). Ignition simulation and visualization for spark plug electrode design. *SAE Technical Paper 2007-01-0940*, Society of Automotive Engineers, Detroit.

ANEXOS RESULTADOS Y DISCUSION

