

# **INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO MARIANO SAMANIEGO**



## **CARRERA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

**Trabajo de Fin de Titulación para la obtención del título en  
Tecnólogo- Técnico Superior en Mecánica Automotriz.**

**Tema: Estudio de emisiones de gases de vehículos con  
motor DOHC 1.4 cm<sup>3</sup> con catalizador y sin catalizador  
en la ciudad de Quito”.**

**Cariamanga- Loja - Ecuador**

Trabajo de tesis presentado  
por:

Bravo Cueva Christopher Alder

Director/a:

MBA. Cueva Jiménez Greta Fernanda (Tutor;  
Grado Académico).

Fecha:

23/10/2024

**CERTIFICACIÓN**

En calidad de Tutor sobre el tema: **Estudio de emisiones de gases de vehículos con motor DOHC 1.4 cm<sup>3</sup> con catalizador y sin catalizador en la ciudad de Quito**”. del Señor. **Christopher Alder Bravo Cueva** del autor. Egresado de la carrera de Tecnología en “**MECANICA AUTOMOTRIZ**” del Instituto Superior Tecnológico Mariano Samaniego, certifico que dicho trabajo de Graduación cumple con todos los requisitos y méritos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Grado, para su correspondiente revisión, estudio y calificación.

Cariamanga, 23 de octubre del 2024

---

MBA. Greta Fernanda Cueva Jiménez

DIRECTOR DE TESIS

**DECLATARORIA DE AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Los criterios emitidos en el trabajo de proyecto de titulación “**Estudio de emisiones de gases de vehículos con motor DOHC 1.4 cm<sup>3</sup> con catalizador y sin catalizador en la ciudad de Quito**”, como también los contenidos descritos en este trabajo son de responsabilidad del autor.

Yo, **CHRISTOPHER ALDER BRAVO CUEVA**, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada; Así, como también los contenidos, ideas, análisis, conclusiones y propuestas son de responsabilidad del autor.



.....

**CHRISTOPHER BRAVO C.**

**AUTORIZACIÓN DE DERECHOS DE PROPIEDAD INTELECTUAL**

Autorizo al Instituto Superior Tecnológico Mariano Samaniego, para que haga uso de este proyecto de tesis/investigación un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, siguiendo estrictamente las normas de la Institución.

Cedo los derechos del trabajo de fin de titulación para fines de difusión pública, creación de artículos académicos, respetando el principio de la Educación Superior de no apremiar el beneficio económico y se realice respetando mis derechos de autor.

Cariamanga, 23 de octubre del 2024

AUTOR.



.....

**CHRISTOPHER BRAVO C.**

CI. 1150517033

**DEDICATORIA**

No solo estoy orgulloso de este logro, sino también de toda mi familia, cuyo apoyo incondicional ha sido mi mayor fuerza a lo largo de este viaje académico. Dedico este trabajo de titulación a Ustedes, que han estado a mi lado en cada paso del camino, como testimonio de mi gratitud por su amor, paciencia e inspiración constante. Sin su apoyo, este paso no habría sido posible. Gracias por darme siempre un consejo para no renunciar a este sueño y continuar con mis estudios; no tengo palabras para demostrar toda la gratitud ya que nunca me dejaron solo a pesar de las adversidades y siempre fueron el pilar fundamental de mi vida académica y vida personal.

CHRISTOPHER ALDER BRAVO CUEVA

**AGRADECIMIENTO**

Agradezco primeramente a Dios, al Divino Niño Jesús por haberme permitido cumplir todos los planes académicos, a mis queridos padres Godofredo Bravo y Blanca Cueva a mis hermanos, familiares, docentes y amigos quienes estuvieron conmigo apoyándome siempre en los momentos buenos y malos, dándome ánimos, consejos, motivándome para cada día ser mejor y llegar a cumplir mis metas.

CHRISTOPHER ALDER BRAVO CUEVA

**RESUMEN**

Para la realización del presente documento se analizaron las emisiones de gases en vehículos de motor DOHC 1.4 cm<sup>3</sup> en diversas condiciones que requieren para cumplir a cabalidad las exigencias de la revisión técnica vehicular.

Para llevar a cabo estas pruebas se emplearon vehículos con motor DOHC de la marca como es: CHEVROLET AVEO (con catalizador y sin catalizador); los cuales fueron seleccionados entre los más vendidos en Ecuador, comparando con la base de datos de la Revisión Técnica Vehicular de la ciudad de Quito, la cual es una de las ciudades más grandes del Ecuador; para lo cual se realizaron pruebas para verificar los parámetros según la normativa vigente, en escenarios de funcionamiento normal y sin catalizador.

Utilizando métodos analíticos de una investigación experimental se verifico que los datos obtenidos sobre el rendimiento de los vehículos han dado como resultado que, en ausencia de catalizador, los vehículos no cumplen con los límites establecidos.

Llegando a concluir sobre la gran importancia de los convertidores catalíticos ya que nos ayudan a reducir la contaminación ambiental; permitiendo un ambiente menos saturado y más limpio en zonas urbanas, incluso si el motor está en buenas o malas condiciones de funcionamiento.

**Palabras Claves.** Catalizador, emisiones, combustión, gases, motor.

**ABSTRACT**

To prepare this document, gas emissions in vehicles with a 1.4 cm<sup>3</sup> DOHC engine were analyzed under various conditions required to fully comply with the requirements of the vehicle technical inspection.

To carry out these tests, vehicles with DOHC engines of the brand were used, such as: CHEVROLET AVEO (with catalyst and without catalyst); which were selected among the best sellers in Ecuador, comparing with the database of the Vehicle Technical Review of the city of Quito, which is one of the largest cities in Ecuador; For which tests were carried out to verify the parameters according to current regulations, in normal operating scenarios and without a catalyst.

Using analytical methods from an experimental investigation, it was verified that the data obtained on the performance of the vehicles have resulted in the fact that, in the absence of a catalyst, the vehicles do not comply with the established limits.

Concluding on the great importance of catalytic converters since they help us reduce environmental pollution; allowing a less saturated and cleaner environment in urban areas, even if the engine is in good or bad operating condition.

**Keywords:** Catalyst, emissions, combustion, gases, engine.

**INDICE DE CONTENIDOS**

CERTIFICACIÓN .....	II
DECLARATORIA DE AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN .....	III
DEDICATORIA .....	V
AGRADECIMIENTO .....	VI
RESUMEN .....	VII
ABSTRACT.....	VIII
INDICE DE CONTENIDOS .....	IX
INDICE DE FIGURAS.....	XII
1. INTRODUCCIÓN .....	14
2. TEMA .....	15
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	16
4. OBJETIVOS .....	17
4.1 OBJETIVO GENERAL .....	17
4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS. ....	17
CAPÍTULO II.....	20
2. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN .....	21
2.1. MARCO TEÓRICO O ESTADO DEL ARTE.....	23
CAPÍTULO III.....	27

EMISION DE GASES EN VEHICULOS DE COMBUSTION INTERNA	X
3. MATERIALES Y METODOS .....	28
3.7    Métodos para realizar la medición de gases .....	31
3.8    Preparado de vehículo y equipo: .....	32
3.9    Interpretando los resultados:.....	32
CAPÍTULO IV.....	34
4. ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	35
4.1 Homologación de los vehículos en condiciones de funcionamiento sin catalizador. ....	36
4.2 Tablas y Figuras.....	37
4.2.1 Ejecución de pruebas con catalizador. ....	37
4.2.2 Medición de carbono.....	37
4.3    Ejecución de pruebas sin catalizador.....	40
4.4    DISCUSION.....	45
CAPITULO V.....	46
5 CONCLUSIÓN O CONCLUSIONES. ....	47
5.3    RECOMENDACIONES .....	48
5.6    REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	49
ANEXOS .....	50

**INDICE DE TABLAS**

Tabla 1 Límite establecido de emisiones de gases.....	29
Tabla 2 Características de analizador de gases establecido en Ecuador .....	29
Tabla 3 Equipos utilizados.....	31
Tabla 4. Aprobación de vehículos en funcionamiento con y sin catalizador.....	36

**INDICE DE FIGURAS**

Imagen 1: Diagrama de flujo .....	33
Imagen 2: Medición de % Vol. CO en ralentí .....	37
Imagen 3: Medición CO en régimen alto.....	38
Imagen 4: Medición de HC a ralentí.....	39
Imagen 5: Medición de HC régimen alto.....	40
Imagen 6: Mediciones de CO en ralentí, sistema sin catalizador .....	41
Imagen 7: Mediciones de CO en altas rpm.....	42
Imagen 8: Medición de HC a bajas rpm .....	43
Imagen 9: Mediciones de HC en altas rpm, sin catalizador.....	44

# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

El objetivo principal de la investigación es establecer los parámetros y valores de las emisiones de gases de los vehículos en función de las diferentes condiciones de trabajo del motor, buscando proporcionar una visión detallada de las emisiones contaminantes y su impacto en el medio ambiente, con el fin de fomentar prácticas más sostenibles en la industria automotriz.

En la actualidad, las emisiones contaminantes de los vehículos son objeto de constante análisis para lograr motores más eficientes y ecológicos. A pesar de que una combustión ideal, los motores térmicos generan compuestos nocivos como: Dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), Monóxido de Carbono (CO) y dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ). Para reducir estas emisiones, se emplean convertidores catalíticos que se han desarrollado para mejorar la eco amigabilidad de los vehículos, para lo cual, es importante tener estos convertidores instalados para mantener un equilibrio ecológico dentro del sistema de escape de los gases de combustión.

La investigación “Estudio de emisión de gases en vehículos de combustión interna con sistema de catalizador y sin catalizador”; realiza un análisis exhaustivo de los gases contaminantes emitidos por los motores de combustión interna en diversas condiciones de trabajo. Destacando la importancia de usar un convertidor catalítico para prevenir daños ambientales en zonas urbanas y preservar la salud de los seres vivos; haciendo hincapié en que la contaminación generada por los motores de gasolina puede provocar desde problemas leves hasta enfermedades crónicas en los humanos.

La problemática de la contaminación ambiental requiere una revisión de sus causas, que van desde la mala calidad de los combustibles hasta normativas poco rigurosas en las pruebas de emisión de gases. La investigación antes mencionada propone un enfoque cuantitativo y experimental para estudiar las emisiones de gases en los vehículos, analizando la variación de

EMISION DE GASES EN VEHICULOS DE COMBUSTION INTERNA

condiciones de trabajo del motor y comparando los resultados con las normativas vigentes establecidas dentro del país.

## **2. TEMA**

**“Estudio de emisiones de gases de vehículos con motor DOHC 1.4 cm<sup>3</sup> con catalizador y sin catalizador en la ciudad de Quito”.**

### 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

**¿Por qué realizar el estudio de las emisiones de gases considerando el diseño del sistema de escape en los vehículos de motor DOHC 1.4 cm<sup>3</sup> en la ciudad de Quito?**

Es necesario realizar una investigación sobre las emisiones de gases de escape de vehículos con motores DOHC de cilindraje 1.4 cm<sup>3</sup> ya que es fundamental para mejorar la emisión de gases porque son los vehículos más vendidos en los últimos 10 años (2011 al 2021) dentro del Ecuador según la (AEADE 2021).

A pesar de los avances tecnológicos y normativas ambientales, persisten desafíos en la medición y comprensión de estas emisiones, siendo sus factores principales la calidad del combustible y el mantenimiento del motor afectando la cantidad y composición de las emisiones de gases.

Razón por la que, analizar estas emisiones sirve para identificar áreas de mejora y reducir la contaminación, así como también, proporcionará información valiosa a fabricantes y autoridades medio ambientales, para mejorar políticas y tecnologías más sostenibles en el sector automotriz. Permitiendo utilizar el presente proyecto que busca avanzar en el conocimiento científico y preservar el medio ambiente, desde los análisis y datos realizados en anteriores trabajos investigativos, tesis, artículos, entre otros; beneficiando no solo a la parte socio-económica sino también al bienestar de los seres vivos.

## **4. OBJETIVOS**

### ***4.1 OBJETIVO GENERAL***

Obtener resultados y datos precisos que permitan en el territorio nacional, cuantificar el perjuicio que ocasionan las diferentes formas de emisión de gases, que emiten los vehículos con motor DOHC de cilindraje de 1.4 cm<sup>3</sup> de combustión interna; específicamente en el cumplimiento del proceso de ignición; para ayudar al mejoramiento del ecosistema y la vida.

### ***4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.***

- Evaluar los datos sobre el perjuicio que ocasiona la contaminación ambiental derivados por los gases obtenidos en el proceso de combustión de los motores DOHC de cilindraje de 1.4 cm<sup>3</sup>.
- Análisis de la variación de los porcentajes obtenidos por la emisión de gases entre los sistemas de escape estándar y modificado.
- Investigar el impacto ambiental en la ciudad de Quito dando a conocer los porcentajes de emisiones de gases obtenidos en investigaciones anteriormente realizadas.

## JUSTIFICACIÓN

El estudio de las emisiones de gases en los vehículos, particularmente en los motores DOHC de cilindraje 1.4 cm<sup>3</sup>, es importante debido a sus considerables impactos significativos tanto en el medio ambiente como en la salud. Esta investigación se justifica por las razones a continuación descritas:

- **Impacto Ambiental:** Los gases, como el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), y las partículas en suspensión, tienen efectos negativos sobre la calidad del aire y los ecosistemas. Debido a la cantidad de gases que expulsan, incluso si se realizan modificaciones en el sistema de escape, los vehículos de cilindraje 1.4 cm<sup>3</sup> que son una parte importante del parque automotor y, como cualquier otro vehículo con sistema de combustión, contribuyen directamente al cambio climático y a la contaminación atmosférica.

- **Salud Pública:** Las emisiones de gases contaminantes provenientes de los vehículos pueden tener graves consecuencias para la salud humana, como enfermedades respiratorias, cardiovasculares y cáncer. El análisis detallado de estos gases es fundamental por lo que la OMS ha lanzado algunas directrices sobre la calidad del aire y los riesgos asociados a la contaminación por la emisión de gases, la misma que vela por la mejora de calidad de aire para proteger a las personas y mejorar el cambio climático.

- **Cumplimiento Normativo:** Dando cumplimiento a las normativas (NTE INEN 2204, 2017) que rigen en el país referente a las emisiones de gases, es importante que los fabricantes de automóviles y las autoridades gubernamentales garanticen que los vehículos de motor DOHC de cilindraje de 1.4 cm<sup>3</sup> cumplan con las normativas vigentes de emisiones, puesto que, el análisis de gases proporciona datos importantes para verificar el cumplimiento normativo y mejorar la eficacia de las políticas ambientales.

- **Desarrollo Tecnológico:** La investigación dentro de este trabajo de análisis de gases en automóviles con motor DOHC de cilindraje 1.4 cm<sup>3</sup>. Impulsa generar una modificación en el desarrollo de tecnologías más limpias y eficientes. Permiéndome comprender la importancia del sistema de escape original y su conservación ayudando a obtener un correcto control de emisiones, reduciendo así el impacto ambiental de este tipo de vehículos; ya que tienen una gran demanda de venta y uso dentro del país.

# CAPÍTULO II

## 2. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN

Para el estudio que se llevará a cabo se utilizará una metodología analítica basada en un enfoque cuantitativo que permita recopilar y analizar los datos numéricos de las pruebas de emisiones de gases. Se utilizarán métodos descriptivos, experimentales y deductivos. Se limitará a medir los niveles de emisiones de gases contaminantes de los vehículos con motor DOHC de cilindraje 1.4cm<sup>3</sup> que circulan en la ciudad de Quito.

### 2.1.1 Enfoque y Estrategia de Investigación

- **Enfoque:** Deductivo, partiendo de hipótesis basadas en la teoría y estudios previos.
- **Estrategia:** Experimento en condiciones controladas y análisis de campo.

### 2.1.2 Población y Muestra

- **Población:** Vehículos con motor DOHC de cilindraje 1.4cm<sup>3</sup>.
- **Muestra:** Se analizará las muestras de emisiones de gases de vehículos con motor DOHC de cilindraje 1.4 cm<sup>3</sup>, dentro del rango especificado. Los datos serán analizados según las muestras que han sido tomadas en este tipo de vehículos con y sin modificaciones en el sistema de escape.

### 2.1.3 Instrumentos de Recolección de Datos

- **Equipos de Medición:** Analizadores de gases, que permita recolectar datos eficaces sobre: Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO), ozono (O<sub>3</sub>), dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) y las partículas finas (PM<sub>2.5</sub>) que existen en las emisiones de gas.

- **Revisar ficha técnica:** Recopilar la información de la ficha técnica del fabricante del vehículo que utiliza el motor DOHC de cilindraje 1.4 cm<sup>3</sup> que es la marca CHEVROLET modelo AVEO FAMILY, específicamente en la estructura sobre el estado del catalizador.

#### 2.1.4 Procedimiento de Recolección de Datos

El procedimiento de recolección de datos se realizará basándome en estudios realizados en vehículos con motor DOHC de cilindraje 1.4 cm<sup>3</sup>, los mismos que han sido considerados por su modificación en el sistema de escape; las muestras tomadas se basarán según las indicaciones en la norma de medición de emisiones de gases en el sistema de escape en motores de combustión interna "INEN 2203" que rige en el Ecuador.

- **Selección de Vehículos:** Los vehículos analizados serán seleccionados de trabajos de titulación realizadas en investigaciones anteriormente ejecutadas.
- **Mediciones Preliminares:** Análisis de mediciones iniciales de emisiones en un entorno controlado (taller automotriz) para establecer una línea base.
- **Intervenciones:** Analizar tomas de muestras recolectadas por el analizador de gases de marca TEXA modelo GASBOX
- **Mediciones Posteriores:** Analizar mediciones cuando el motor haya conseguido la temperatura de trabajo que es noventa grados Celsius (90°C) para comparar con los valores que establece la norma INEN 2203.
- **Mediciones en Campo:** Análisis pruebas de emisiones en condiciones de estado de trabajo para obtener los datos y comparar según lo que establece la norma poniendo límites permitidos sobre las emisiones de gases producidas en la combustión "INEN 2204".

### **2.1.5 Análisis de Datos**

- **Métodos de Análisis Cuantitativo:** Utilizar técnicas comparativas para analizar los datos de emisiones de gases en vehículos con motor DOHC de cilindraje 1.4 cm<sup>3</sup>.
- **Análisis de Correlación:** Evaluar la relación entre las emisiones y variables de acuerdo a las muestras tomadas en los vehículos con y sin modificaciones en el sistema de escape teniendo en cuenta el mantenimiento del vehículo.

## **2.1. MARCO TEÓRICO O ESTADO DEL ARTE**

### **Contaminación del Aire y Normativa en Ecuador**

Según la Organización Mundial de la Salud, el aire limpio es fundamental para la salud humana y el bienestar. Sin embargo, la contaminación del aire sigue siendo una amenaza global. En Ecuador, es crucial implementar sanciones más estrictas para cumplimiento basada en la normativa de prevención y control de contaminación de vehículos.

El aire, esencial para la vida, rodea la Tierra en una capa de más de 100 kilómetros de altura. Está compuesto principalmente por 20% de oxígeno, 79% de nitrógeno y un 1% de gases inertes y vapor de agua.

### **Tipos de Contaminación**

La contaminación del aire es uno de los principales problemas ambientales que afectan mundialmente al ecosistema, pueden tener orígenes naturales, como erupciones volcánicas, incendios forestales, o ser resultado de actividades humanas, especialmente las productivas que generan residuos y desechos.

## EMISION DE GASES EN VEHICULOS DE COMBUSTION INTERNA

En países desarrollados, la contaminación atmosférica se debe al desarrollo industrial y el tráfico vehicular. En los países en vías de desarrollo, se relaciona con industrias obsoletas, transporte ineficiente, y mala calidad del saneamiento ambiental.

### Fuentes y Clasificación de Contaminantes

Las principales fuentes de contaminación del aire son:

- **Fuentes móviles (vehículos):** Impulsados por motores de combustión interna.
- **Fuentes fijas (industrias):** Producen artículos esenciales como electrodomésticos y equipos pesados.
- **Incendios forestales:** Causados por la tala indiscriminada, la contaminación y la falta de conciencia ambiental en cuidado de la fauna de nuestro país.

Los contaminantes se dividen en biodegradables y no biodegradables. Los biodegradables se descomponen por acción de organismos vivos. Los no biodegradables, como las emisiones de gases de automóviles y la contaminación de ríos y suelos, no se desintegran fácilmente.

### Gases Contaminantes

Entre los gases más nocivos emitidos por motores de combustión interna se encuentran:

- **Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>):** Gestor y causante del efecto invernadero y el calentamiento global.
- **Monóxido de carbono (CO):** Gas incoloro, inodoro y altamente tóxico, que impide la absorción de oxígeno en la sangre.

### Calidad del Aire en Ecuador

Un informe GEO indica que las refinerías y la central termoeléctrica de Esmeraldas son las mayores fuentes de contaminación en el país. Estas emiten material particulado y otros contaminantes que afectan la salud de la población.

## EMISION DE GASES EN VEHICULOS DE COMBUSTION INTERNA

La Organización Panamericana de la Salud (OPS) propone acciones como:

- Implementación de sistemas de transporte masivo.
- Red metropolitana de monitoreo atmosférico.
- Revisión vehicular fiscalizada.
- Siembra de árboles y restauración de áreas verdes.

### **Normativa y Gestión del Aire en Ecuador**

El Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE) es el organismo rector en la gestión ambiental. Ha desarrollado el Plan Nacional de la Calidad del Aire, que busca prevenir y controlar la contaminación para mejorar la calidad de vida.

El país ha adoptado diversas normativas para controlar las emisiones de gases, incluyendo:

- Constitución de la República del Ecuador (2012).
- Convenio sobre protección de los trabajadores contra contaminación.
- Reglamentos técnicos ecuatorianos: INEN-NTE-03, INEN-NTE-017, entre otros.

### **Políticas de Solución e Implementación**

Una red de revisión vehicular y monitoreo de la calidad del aire es esencial para conocer el estado de los vehículos permitiéndome recalcar que la revisión técnica vehicular (RTV) es fundamental para reducir las emisiones contaminantes; basándome en lineamientos que el Ministerio del Ambiente ha establecido en proyectos como el Sistema Nacional de Revisión Técnica Vehicular para controlar las emisiones y las condiciones del parque automotor a nivel nacional.

### **Implementación del Sistema de Escape**

Los estudios tomados en cuenta para este trabajo me permitieron verificar que un colector de escape adecuado y un convertidor catalítico pueden reducir significativamente las emisiones

## EMISION DE GASES EN VEHICULOS DE COMBUSTION INTERNA

contaminantes; ya que el sistema de escape de gases en un motor de combustión interna canaliza los gases producidos durante la combustión hacia el exterior del vehículo. Concluyendo que si posee un buen sistema de escape se puede mejorar la calidad ambiental.

### **Pruebas de Medición de Emisiones**

Las pruebas de emisiones son de gran importancia dentro del control y mantenimiento vehicular ya que contribuye a establecer la calidad y cantidad de gases emitidos por los automotores.

Según la norma técnica NTE INEN 2203, el procedimiento para medir las emisiones incluye:

- Calentamiento y estabilización del equipo.
- Verificación del estado del sistema de escape.
- Realización de mediciones en condiciones de marcha mínima o ralentí.

# CAPÍTULO III

### **3. MATERIALES Y METODOS**

#### **3.1. Materiales**

Para el análisis ocuparemos específicamente el analizador de marca TEXA modelo GASBOX que asido utilizado en las investigaciones, siendo una base de información esencial que nos permite la tabulación, comparación de datos en motores de cilindraje 1.4cm<sup>3</sup> - 1.6 cm<sup>3</sup>.

#### **3.2. Analizador de gases.**

Por medio del analizador de gases aplicado en vehículos de motor DOHC de cilindraje 1.4 cm<sup>3</sup> se logró obtener estos tipos de gases: Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO), ozono (O<sub>3</sub>), Hidrocarburos no combustionados (HC). Utilizando los principios de medición por infrarrojos y electroquímicos, tomando muestras del tubo de escape y analizando el contenido de cada componente a través de celdas específicas. (Myriam Jeanneth Mafla Alvares, 2007)

#### **3.3 Normativas De Revisión Técnica Vehicular**

De acuerdo con (NTE INEN 2204, 2017), los límites de emisión más permisibles para los recursos móviles con motor de combustible. Ralentí o ralentí (estática echar un vistazo). Toda fuente móvil con motor de gasolina, a lo largo de su funcionamiento en situación de ralentí y a temperatura de trabajo diaria, no deberá emitir a la atmósfera (CO) e hidrocarburos (HC) en porciones superiores a las indicadas en la tabla 1.

#### **3.4 Límites autorizados de emisión de gases en el ecuador**

Los límites de emisión de gases para vehículos de combustión de ciclo otto están regulados por la norma NTE INEN 2204. Se establece que los motores de gasolina no deben emitir más de los niveles permitidos de monóxido de carbono e hidrocarburos en ralentí.

## EMISION DE GASES EN VEHICULOS DE COMBUSTION INTERNA

**Tabla 1** *Límite establecido de emisiones de gases*

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

<sup>a</sup> Volumen<sup>b</sup> Altitud = metros sobre el nivel del mar

Nota. Adaptado de Límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres que emplean gasolina, por (NTE INEN 2204, 2017).

**3.5 Equipos**

Según la norma INEN 2204 las consideraciones técnicas para la selección del equipo se detallan en la Tabla 2.

**Tabla 2** *Características de analizador de gases establecido en Ecuador*

PARÁMETRO	REQUERIMIENTO
Características generales	Capacidad de medición y reporte automáticos de la concentración en volumen de CO, CO <sub>2</sub> , HC y O <sub>2</sub> , 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.

## EMISION DE GASES EN VEHICULOS DE COMBUSTION INTERNA

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	<b>Variable</b>	<b>Rango de medición</b>
	Monóxido de carbono (CO)	0 - 10%
	Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	0 - 16%
	Oxígeno (O <sub>2</sub> )	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.	

Nota. Fuente: (NTE INEN 2349, 2005)

La **tabla 3** detalla los equipos de trabajos utilizados dentro del estudio anteriormente realizado para el presente análisis de titulación.

**Tabla 3** *Equipos utilizados*

		<b>Descripción</b>	<b>Marca</b>
<b>Cantidad</b>			
1		Medidor de Gases	Texa
1		Escáner Automotriz	GScan 3

*Fuente: PG318 trabajo de grado*

### **3.6 Principio de funcionamiento de los analizadores de gases**

El principio de funcionamiento de los analizadores de gases es conocido como medición infrarroja no dispersiva de gases para CO, CO<sub>2</sub>, HC y una célula galvánica para O<sub>2</sub>. (Myriam Jeanneth Mafla Alvares, 2007)

### **3.7 Métodos para realizar la medición de gases**

- Realizar un control del flujo de los gases de escape igualando las RPM del motor del vehículo utilizado teniendo en cuenta los lineamientos de la norma INEN 2203 y la norma INEN 2204; para realizar con éxito un control de calidad.
- Control de las emisiones se realiza con un dinamómetro, siguiendo ciclos de prueba específicos antes establecidos.
- Medir la temperatura normal de operación la cual se alcanza tras 10 minutos de marcha mínima o cuando el aceite del cárter supera los 75 °C, confirmada en fuentes móviles con electroventilador.

### 3.8 *Preparado de vehículo y equipo:*

- **Calentamiento:** Antes de empezar se debe verificar que la temperatura del motor tenga un funcionamiento normal la cual se constata al estar entre 90°C a 100°C.
- **Conexión del analizador:** Se introduce la sonda del analizador de gases en la salida de la instalación de escape del automóvil.
- **Desarrollo de la prueba:** como referencia en la diagnosis, aplicar los valores declarados en la ficha técnica vehicular y comparar los datos obtenidos en el proceso de medición con los de la ficha técnica.
- **Medición con diferentes revoluciones (RPM):** El motor se acelera a diferentes revoluciones por minuto (RPM). Esto simula las distintas situaciones de trabajo del motor y conducción: desde estar en reposo y hasta ir a altas velocidades.
- **Mediciones precisas:** El analizador mide la concentración de varios gases, como el monóxido de carbono (CO), el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), los hidrocarburos (HC) y los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>).

### 3.9 *Interpretando los resultados:*

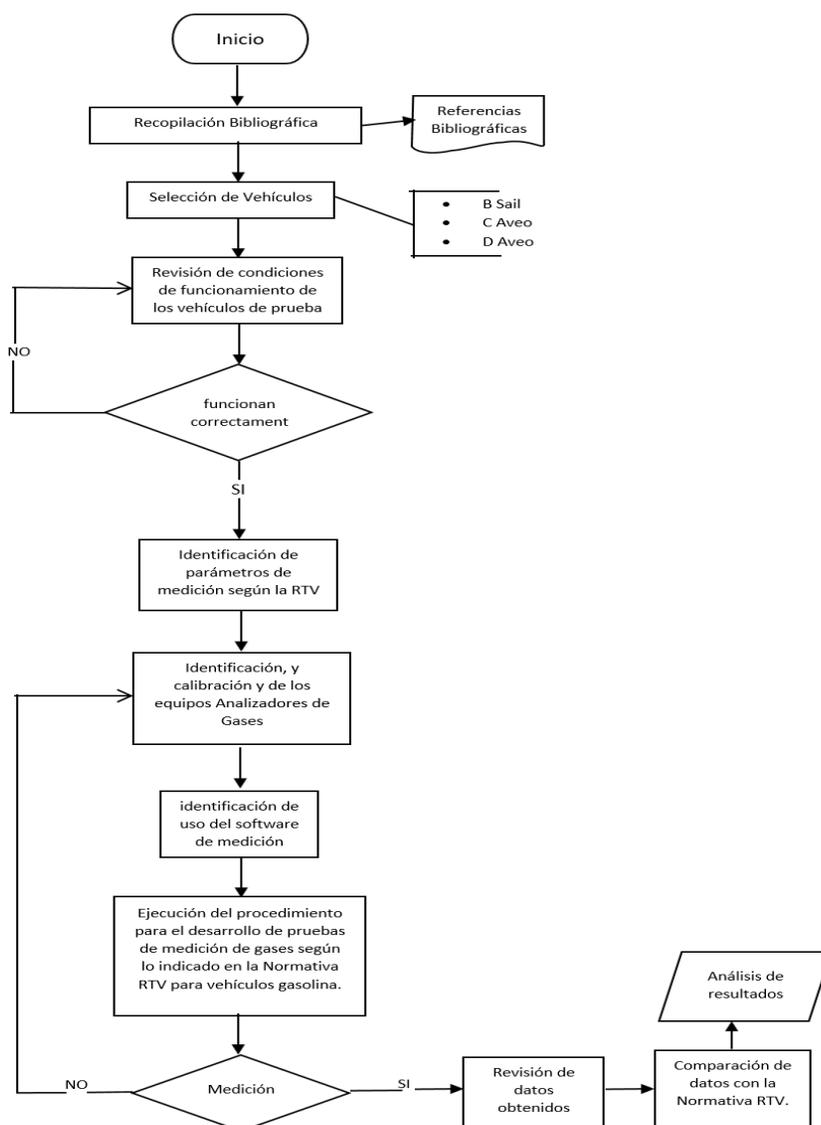
- **Comparación con los límites:** Los valores obtenidos se comparan con los límites establecidos por las normativas INEN 2203 e INEN 2204, las cuales establecen lineamientos sobre los gases de combustión vehicular. Si los valores están por encima de estos lineamientos, significa que el motor no está funcionando de manera óptima y consta con el sistema de escape sin catalizador el cual puede estar emitiendo demasiados gases contaminantes a comparación de un sistema de escape estándar el cual cumple con los lineamientos establecidos.

## EMISION DE GASES EN VEHICULOS DE COMBUSTION INTERNA

- **Diagnóstico:** Un técnico especializado analiza los resultados y busca posibles causas para las emisiones excesivas. Esto puede ser desde un problema en la mezcla de aire y combustible hasta un fallo en el sistema de encendido.

En la **Imagen 1** se detalla pormenorizadamente los pasos en forma específica y real de los procedimientos utilizados para la medición y análisis de los gases de escape de los vehículos con motor DOHC de cilindraje 1.4 cm<sup>3</sup>.

*Imagen 1: Diagrama de flujo*



**Nota Fuente (Semblantes, 2023).**

# CAPÍTULO IV

#### 4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para la comparación de los resultados obtenidos después de la aplicación de los procesos utilizados de manera puntual y adecuada, permitieron determinar algunos aspectos que se consideran necesarios para reconocer el grado de contaminación que se producen a través de la emisión de gases emitidos por vehículos que funcionan con un sistema de escape estándar y sin catalizador, permitiendo obtener la menor cantidad de emisiones de gases producidos por la combustión a través de la utilización del sistema de escape estándar; lo cual genera una garantía segura que disminuya los porcentajes de contaminación y el menor daño a los ecosistemas.

Contextualizando la versión sobre los procesos y resultados alcanzados en las investigaciones de los artículos, tesis y trabajos de grados deduzco que el elemento de la gestión para la reducción de la contaminación de los gases en los ecosistemas es el convertidor catalítico.

Para alcanzar los porcentajes establecidos en las normas INEN 2203 e INEN 2204 es de necesario y aconsejable la aplicación del catalizador en el sistema de escape del vehículo para que en el sistema de revisión técnica vehicular cumplan con los lineamientos establecidos dentro de estas normas vigentes en el país.

Argumentando las comprobaciones que se han realizado de manera oportuna en varias condiciones geográficas y medioambientales específicamente a una altitud de 2.850 metros sobre el nivel del mar, permitiendo establecer la comparación de los porcentajes de los gases que se detallan en las siguientes tablas comparativas.

La **tabla 4** sugiere los efectos finales de las mediciones de emisiones de gases CO y HC basadas en dos situaciones de comprobación; ralentí y velocidad de ralentí excesiva, realizadas con los automóviles en condiciones de funcionamiento del motor en ausencia de máquina de postratamiento, donde se reciben los siguientes resultados:

**Tabla 4. Aprobación de vehículos en funcionamiento con y sin catalizador**

<b>Vehículo</b>	<b>CO ralentí</b>	<b>CO aceleración</b>	<b>HC ralentí</b>	<b>HC aceleración</b>	<b>Aprueba o no Aprueba</b>
RTV	✓	✓	✓	✓	Aprueba
AVEO (uso personal)	X	X	X	X	No aprueba
AVEO (trabajo taxi)	X	X	✓	X	No aprueba

Nota. Fuente (Semblaste, 2023).

#### **4.1 Homologación de los vehículos en condiciones de funcionamiento sin catalizador.**

Como se indica en la Tabla 4, el análisis de las consecuencias de las mediciones realizadas en cada uno de los motores examinados en comparación con la base de datos obtenida de la Revisión Técnica de Vehículos muestra lo siguiente:

- En relación con los exámenes de CO ejecutados en eventualidades (ralentí y aceleración) ninguno de los motores ensayados desvía.
- En relación con las emisiones de HC terminadas en situaciones (ralentí y aceleración), ninguno de los automóviles sometidos a prueba pasó por alto.
- En base a los resultados, de las cuatro mediciones realizadas, la mayoría de los automóviles RTV superan la evaluación, mientras que B, C y D no la superan.

Según (Rojas Reinoso et al., 2019), en régimen alto, el motor sin catalizador genera estabilidad, pero los valores de CO y CO<sub>2</sub> son sin embargo muy oscilantes, lo que genera una lambda de control demasiado rica. En el motor con catalizador, genera linealidad en las emisiones de CO y CO<sub>2</sub>, debido a que la lambda de manipulación es más sólida. En el análisis de la manta manipular lambda el seno y la linealidad son sólidos, cuando el ritmo de marcha en paso con ciclo es mayor las emisiones son mejores.

## EMISION DE GASES EN VEHICULOS DE COMBUSTION INTERNA

O comportamiento da disperso da información muestra que en situaciones de bario funcionamiento (ralentí) o vehículo genera picos de perturbación inestables (sin catalizador), que razón a lambda dispararse, de modo que CO<sub>2</sub> e CO aumentan progresivamente las emisiones se desestabilizan, en cuanto em situación sólida (con catalizador), razona a lambda genera a una curva invariable, con que CO<sub>2</sub>, CO e emisiones se estabilizan.

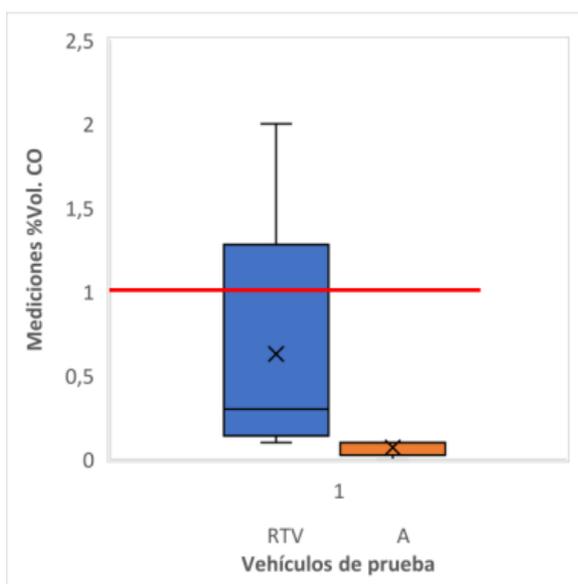
## 4.2 Tablas y Figuras

### 4.2.1 Ejecución de pruebas con catalizador.

#### 4.2.2 Medición de carbono

La **Imagen 2** muestra el diagrama de barras, para descripción de los grupos de datos obtenidos, donde se muestra la descripción de datos entre los más bajos, medios y, extremos, resultados de las mediciones realizadas, donde se analiza la mediana marcha con una línea horizontal, encontrada para cada vehículo de prueba, para una posterior comparación con los volúmenes límites, de concentración de CO establecidos en la normativa.

*Imagen 2: Medición de % Vol. CO en ralentí*

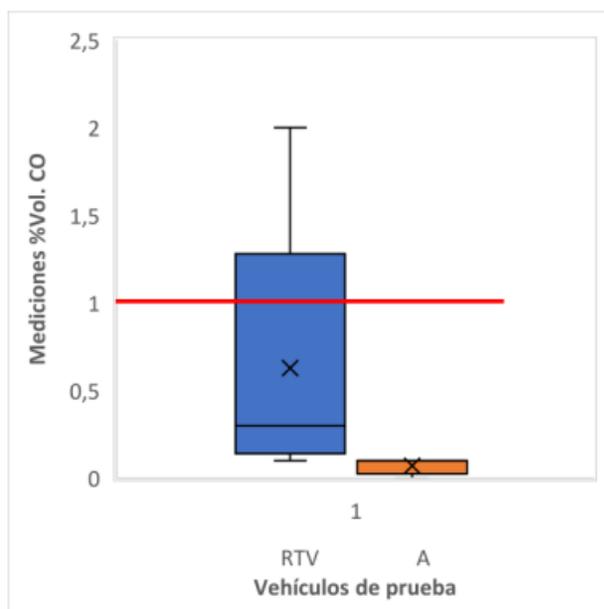


En la **Imagen 2** se puede apreciar las mediciones de Monóxido de Carbono (CO) en ralentí realizadas, siendo la valoración media más alta la correspondiente a los vehículos utilizados con valor proporcionado al 0.27%

#### 4.2.3 Medición de CO a régimen de giro alto.

En la **Imagen 3** muestra el diagrama de barras, para descripción de los grupos de datos obtenidos, donde se muestra la dispersión de datos entre los más bajos, medios y extremos resultados de las mediciones realizadas en la investigas, se analiza la mediana marcha con una línea horizontal, encontrada para cada vehículo de prueba para una posterior comparación con los volúmenes límites de CO en régimen de giro alto, establecido en la normativa.

*Imagen 3: Medición CO en régimen alto*

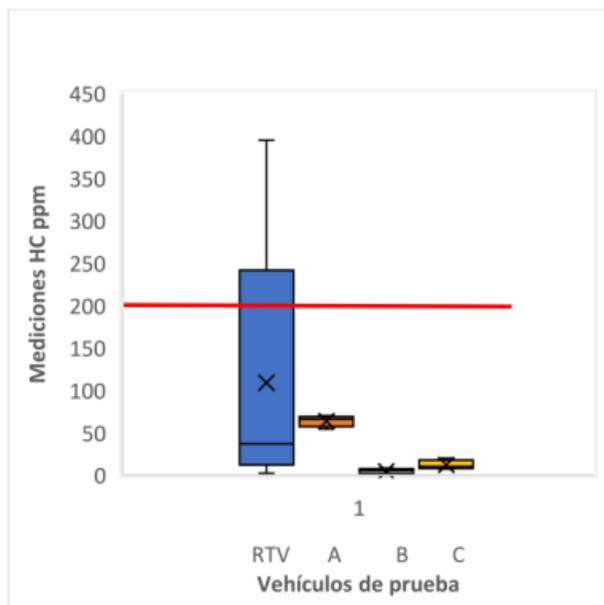


En la **Imagen 3** se puede apreciar las mediciones de Monóxido de Carbono (CO) en la aceleración (altas) realizadas, siendo la valoración media mas alta correspondiente a los vehículos de motor DOHC con un valor correspondiente al 0,3%.

#### 4.2.4 Pruebas de medición de HC en ralentí.

La **Imagen 4** presenta un diagrama de barras que describe la dispersión de datos de mediciones de vehículos, analizando la mediana y comparándola con los volúmenes límites de concentración de HC en ralentí según normativa.

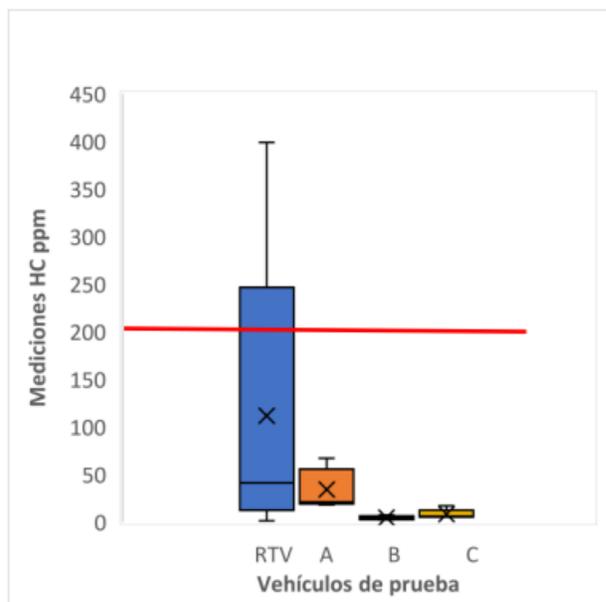
*Imagen 4: Medición de HC a ralentí*



En la **Imagen 4** se puede apreciar las mediciones de Hidrocarburo (HC) en ralentí, siendo la valoración media mas alta la correspondiente a los vehículos testeados: primer vehículo con un valor proporcional a 66 ppm, el segundo vehículo con una media de 33 ppm, el ultimo vehículo con el 10ppm, para posteriormente finalizar con la media obtenida para el segundo vehículo donde el resultado fue de 5 ppm.

#### 4.2.5 Medición de HC a régimen de giro alto.

En **Imagen 5** el diagrama de barras ilustra la dispersión de datos de mediciones realizadas en vehículos, destacando la mediana y permitiendo la comparación con los volúmenes límites de concentración de HC según la normativa.

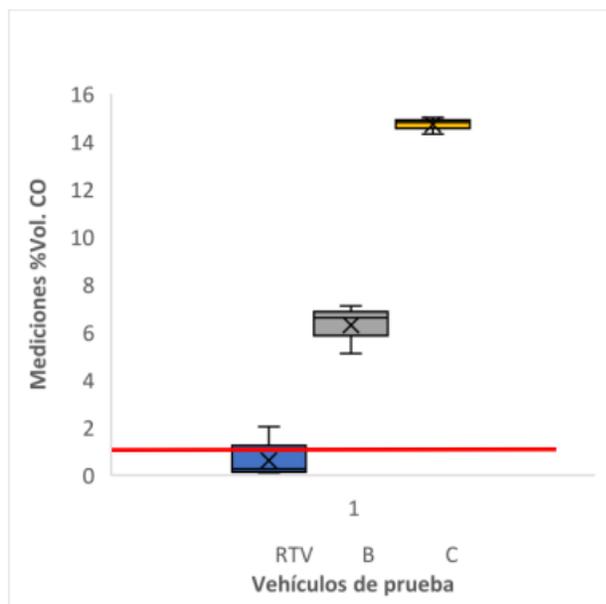
*Imagen 5: Medición de HC régimen alto*

En la **Imagen 5** se puede apreciar las mediciones de Hidrocarburo (HC) en aceleración (altas rpm), siendo la valoración media más alta la correspondiente al primer vehículo con una media de 41 ppm, el segundo vehículo con un valor proporcional a 21 ppm, y el tercer vehículo con valor proporcional a 7 ppm, para posteriormente finalizar con la media obtenida con un resultado de 4ppm.

### 4.3 Ejecución de pruebas sin catalizador

#### 4.3.1 Pruebas de medición de (CO) a bajas rpm

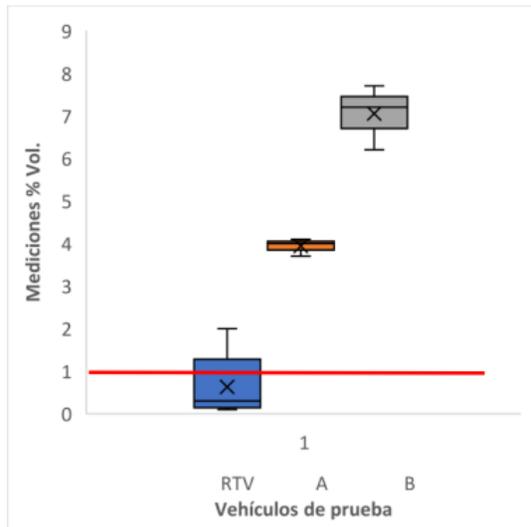
En la **Imagen 6** presenta un diagrama de barras que describe la dispersión de datos de mediciones, analizando la mediana de cada vehículo para comprar con los límites de concentración de CO establecidos en la normativa.

*Imagen 6: Mediciones de CO en ralentí, sistema sin catalizador*

En la **Imagen 6** se muestra las mediciones de Monóxido de Carbono (CO) en ralentí. El primer vehículo presenta un valor de 14,80%, el segundo vehículo presenta un valor de 6,6%, y el último vehículo un valor de 0,27%. Sin embargo, en condiciones sin catalizador, ninguno de los vehículos analizados cumple con los porcentajes permitidos en las normativas.

#### 4.3.2 Pruebas de medición de CO a altas rpm

La **Imagen 7** muestra el diagrama de barras, para descripción de los grupos de datos obtenidos, donde se muestra la dispersión de datos, para cual se analiza la media marcada con una línea horizontal, encontrada para cada vehículo de prueba, para después una comparación con lineamientos establecidos en las normativas.

*Imagen 7: Mediciones de CO en altas rpm*

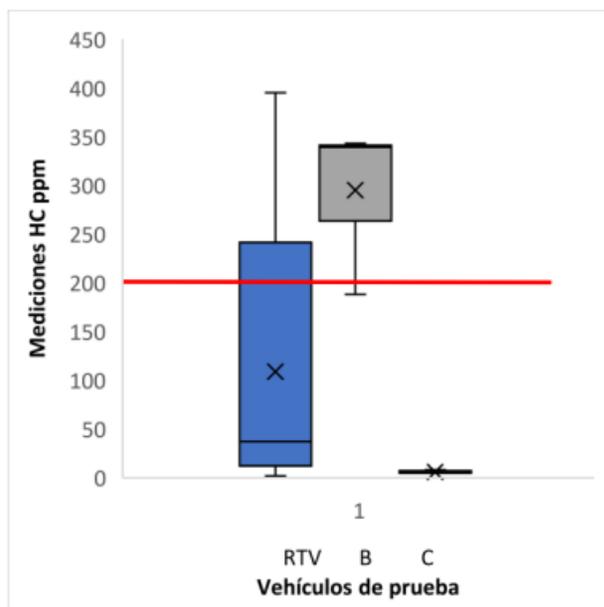
En la **Imagen 7** se puede apreciar las mediciones de Monóxido de Carbono (CO) en aceleración, siendo la valoración media más alta la correspondiente al tercer vehículo con un valor de 14,8%, el segundo vehículo con una media de 4,0%, seguido por el último vehículo donde el resultado del valor fue de 0,31%.

Cabe destacar que los valores obtenidos en la medición de CO en diferentes condiciones de trabajo sin catalizador ninguno de los vehículos analizados cumple con los porcentajes permitidos en la normativa vigente en el Ecuador.

### 4.3.3 Pruebas de medición de HC a bajas rpm

En la **Imagen 8** se indica las mediciones de HC para el sistema de escape sin presencia de catalizador, estas pruebas se ejecutaron en ralentí, y se describe las medias de las mediciones obtenidas para cada vehículo de prueba.

*Imagen 8: Medición de HC a bajas rpm*



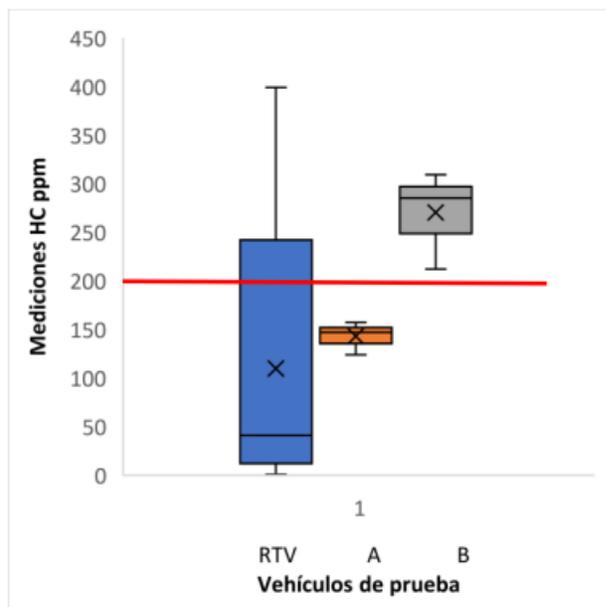
En la **Imagen 8**, se puede observar las mediciones de hidrocarburos (HC) siendo el trabajo del motor en bajas rpm dándonos una valoración media más alta al segundo vehículo con un valor correspondiente al 339 ppm, y el primer vehículo con una valoración media de 37 ppm y el último vehículo nos dio un resultado de 5 ppm.

Cabe destacar que en condiciones de trabajo sin catalizador el tercer vehículo de prueba si cumple con los porcentajes establecidos en las normativas establecidas.

#### 4.3.4 Pruebas de medición de HC en altas rpm.

En el siguiente análisis, se indica las mediciones de HC para el sistema motor, contar la falta del catalizador, estas pruebas se llevaron a cabo en un régimen de altas rpm, para lo cual se describe las medianas de las mediciones obtenidas para cada uno de los vehículos de prueba.

*Imagen 9: Mediciones de HC en altas rpm, sin catalizador*



En la **Imagen 9** se puede apreciar las mediciones de Hidrocarburos (HC) en altas rpm, siendo la valoración media más alta correspondiente al tercer vehículo con un valor correspondiente al 285 ppm, el segundo vehículo con valor de 147 ppm y el primer vehículo con un resultado de 41 ppm.

Cabe destacar que en condiciones de trabajo sin catalizador el segundo vehículo si cumple con los porcentajes permitidos en los lineamientos de las normativas establecidas en el Ecuador.

#### 4.4 DISCUSION

El presente trabajo está fundamentado a través de la discusión comparativa que se estableció en base a los objetivos que se han proyectado en forma específica para alcanzar el cumplimiento del objetivo del proyecto de titulación planteado.

La intención proyectada sobre la evaluación de la contaminación de los gases de combustión permite medir el grado de contaminación ambiental y los perjuicios que ocasiona a la misma, debido a la alta emisión de gases emitidos por los vehículos de motor DOHC de cilindraje 1.4 cm<sup>3</sup>, con lo cual se deduce que los altos grados de contaminación se alcanzan al no constar en el sistema de escape con el catalizador.

Los porcentajes emitidos por la emisión de gases producidos dentro del proceso de combustión de los vehículos que han sido tomados en cuenta en las investigaciones anteriores y que constituyen la base para el análisis del presente trabajo de investigación; permiten comparar los datos emitidos en las diferentes pruebas realizadas en los vehículos con sistema de escape estándar y modificado obteniendo mejores resultados y beneficios en los vehículos que disponen del sistema de escape estándar.

Mediante este proyecto de análisis de datos deducidos sobre el impacto de las emisiones de gases en el medioambiente que están relacionados en las diferentes zonas de la ciudad de Quito y en base a los resultados de proyectos, investigaciones, artículos, etc. Se determina que el mayor impacto de contaminación ambiental se produce por los vehículos que no disponen del sistema de escape regularizado o establecido en las normas de fabrica; ya que el porcentaje de gases es muy elevado, y; en cambio con el sistema de escape estándar se contrasta una reducción de gases en gran porcentaje, gracias a la ayuda del catalizador en el sistema de escape de gases.

# **CAPITULO V**

## 5 CONCLUSIÓN O CONCLUSIONES.

- Los datos tomados de investigaciones realizadas muestran el perjuicio que produce la contaminación ambiental, sirve como aporte ciudadano, ayudando a crear conciencia en la utilización del sistema de escape estándar del vehículo; que permitan desarrollar alternativas sustentables y satisfaga las limitantes de la normativa INEN 2203-2204.
- Al analizar la variación que existe en los sistemas de emisión de gases y basándose en los análisis se puede determinar que el catalizador ayuda en la mitigación ambiental; implementando el catalizador se puede reducir un 60 % a 90% de emisión de gases contaminantes.
- La investigación nos permite determinar que el porcentaje de emisiones de gases aumenta significativamente sin el uso del catalizador lo que hace primordial el uso de este dispositivo dentro del sistema de escape del vehículo, esto nos ayudara en la reducción del impacto ambiental, la principal fuente de contaminación en Quito es el transporte vehicular sin catalizador.

### 5.3 RECOMENDACIONES

- Se recomienda implementar en el sistema de escape un catalizador a todos los vehículos como mecanismo de reducción de emisiones de gases porque nos ayuda controlar los gases contaminantes para no provocar una mayor contaminación.
- Se recomienda utilizar los parámetros establecidos en la fabricación del vehículo para mantener los estándares establecidos en las normas que están vigentes en nuestro país y si no se cumple no podrá salir a la venta vehículos con fallas en el sistema de escape de gases, también al momento de realizar la revisión técnica vehicular no podrá cumplir los lineamientos de las normas y no podrá circular en las vías del Ecuador.
- Previo a la investigación se recomienda a los estudiantes la revisión de trabajos sustentados, normativas aplicadas en la industria automotriz y con esto fortalecer el análisis de la investigación.

## 5.6 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Ing. Yadira Maricela Semblantes Claudio. (2023). “Estudio de emisiones de gases en vehículos de combustión interna a diferentes condiciones de trabajo para revisión técnica vehicular.”. trabajo de grado.

<https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/13591/2/PG%201318%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf#page=44&zoom=100,92,140>

Torres Moscoso, Diego Francisco Balcázar Gonzaga, Diego Vladimir. (2013). “*Análisis del nivel de contaminación atmosférica ocasionado por la emisión de gases de escape del parque automotor en la ciudad de Loja*”. Universidad del Azuay.

<http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/3613>

INEN. (2013). *Medición de emisiones de gases de escape de combustión interna*. INEN.

<https://www.studocu.com/ec/document/instituto-de-altos-estudios-nacionales/control-y-auditoria-ambiental/nte-2203-1-sn/68399579>

Greta Fernanda Cueva Jiménez. (2019). *Estudio de las Emisiones de un Motor Diésel en Relación a la Variación de la Temperatura de su Combustible (Diésel)*. Universidad

Internacional del Ecuador. <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/3065/1/T-UIDE-1119.pdf>

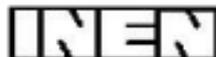
Edgar Vicente Rojas Reinoso<sup>1, \*</sup>, Vicente Javier Romero Hidalgo<sup>2</sup>, Johnny Marcelo Pancha Ramos. (enero-junio de 2020). *Análisis del comportamiento de las emisiones de CO<sub>2</sub>, CO y del factor lambda de un vehículo con sistema de inyección convencional con catalizador y sin catalizador*. INGENIUS, N.º 23, pp. pp 23-29. <http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/ing/n23/1390-650X-Ingenius-23-00023.pdf>

file:///C:/Users/DELL/Downloads/NTE%202204-

# **ANEXOS**

*Anexo A*

Norma técnica ecuatoriana INEN 2203



# 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  
CIIU:  
7191  
ICS:  
43.020

CDU: 662.75  
ICS: 13.040.50



CIU : 3530  
MC 08.06-302

<p><b>Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria</b></p>	<p align="center"><b>MEDICIÓN DE EMISIONES DE GASES DE ESCAPE EN MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA</b></p>	<p align="center"><b>NTE INEN 2203:2013 Primera revisión 2013-09</b></p>
<p align="center"><b>1. INTRODUCCIÓN</b></p> <p><b>1.1</b> Este método de ensayo está destinado para usarse como un procedimiento de medición para determinar los niveles de emisión de gases y partículas de motores recíprocos de combustión interna (RCI) para uso no automotriz. Su propósito es proveer una guía de las características de las emisiones de un motor que, a través del uso de factores de ponderación adecuados, se pueden utilizar como indicadores de los niveles de emisión de motores bajo varias aplicaciones. Los resultados de las emisiones se expresan en unidades de gramos por kilovatio-hora y representan el flujo másico de emisiones por unidad de trabajo realizado.</p> <p><b>1.2</b> Aunque esta parte del ensayo está diseñada para motores no automotrices, comparte muchos principios con la medición de emisiones de gases y partículas que han estado en uso durante muchos años para motores de uso motriz. Un procedimiento de prueba que comparte alguno de estos principios es el método de dilución de flujo total, en la especificación actual para la certificación ISO 8178 de 1985 y posteriormente para motores de camiones pesados en los Estados Unidos. Otro es el procedimiento para la medición directa de emisiones gaseosas en gases de escape sin diluir, como se especificaba para la certificación de motores de camiones pesados en Japón y Europa.</p> <p><b>1.3</b> Muchos de los procedimientos descritos en este ensayo son explicaciones detalladas de métodos de laboratorio, debido a que la determinación de valores de emisiones requiere un complejo conjunto de mediciones individuales, en lugar de obtener un valor único de medida. Por lo tanto, los resultados obtenidos dependen tanto del proceso de medición así como de los motores y los métodos de ensayo.</p> <p><b>1.4</b> La evaluación de emisiones de motores de uso no motriz es más complicada que la de motores de uso motriz debido a la diversidad de aplicaciones de los primeros. Por ejemplo, las aplicaciones de motores de uso motriz principalmente consisten en el movimiento de una carga de un punto hacia otro sobre una carrera pavimentada. Las limitaciones de caminos pavimentados, las máximas cargas aceptables en pavimento y el grado máximo permisible de combustibles, limitan el alcance de vehículos de carretera y el tamaño de motores. Los motores de uso no motriz y los de vehículos tienen un amplio rango de tamaño, incluyéndose los motores que accionan el equipo. Muchos de los motores son lo suficientemente grandes para excluir la aplicación de equipo de prueba y métodos aceptables para el uso motriz. En casos donde la aplicación de dinamómetros no sea posible, los ensayos se realizarán en el lugar o en condiciones apropiadas.</p> <p align="center"><b>2. OBJETO</b></p> <p><b>2.1</b> Esta norma mide las emisiones de gases de escape en motores de combustión interna.</p> <p align="center"><b>3. ALCANCE</b></p> <p><b>3.1</b> Este ensayo especifica los métodos de medición y evaluación para emisiones de gases de escape y partículas de motores recíprocos de combustión interna (RCI) bajo condiciones estáticas en un lecho de prueba, necesarios para la determinación de un valor promedio para cada gas contaminante de escape. Varias combinaciones de carga del motor y velocidad reflejan diferentes aplicaciones del motor (véase ISO 8178-4).</p> <p><b>3.2</b> Este ensayo es aplicable a motores RCI para uso estacionario, movilización y transporte, excluyendo motores diseñados para automoción. Además, este método puede aplicarse a motores que se utilizan, por ejemplo, en máquinas de movimiento de tierra, generadores y otras aplicaciones. En casos limitados, el motor puede probarse en un lecho de prueba según la ISO 8118-2, documento de prueba de campo. Esto sólo puede ocurrir con acuerdo de las partes involucradas. Debe tenerse en cuenta que los datos obtenidos en estas circunstancias no pueden estar completamente de acuerdo con los datos anteriores o futuros obtenidos bajo la norma ISO 8178-1:2006. Por lo tanto, se recomienda que esta opción se ejerza exclusivamente con motores fabricados en cantidades muy limitadas, como marinos de gran tamaño o conjuntos de motores de generación.</p> <p align="right"><i>(Continúa)</i></p> <p>DESCRIPTORES: Emisión de gases, protección del medio ambiente, calidad del aire, método de ensayo.</p>		

**3.3** Las condiciones de prueba adicionales y los métodos de evaluación especiales pueden aplicarse para motores utilizados en máquinas que se incluyen en los requisitos adicionales (por ejemplo, salud ocupacional y las normas de seguridad, normas para centrales eléctricas). Cuando no es posible usar un lecho de prueba o cuando se requiere información sobre las emisiones reales producidas por un motor en servicio, los procedimientos de ensayo de campo y los métodos de cálculo apropiados se especifican en la norma ISO 8178-2.

#### 4. DEFINICIONES

**4.1 Partículas.** Material recogido en un medio específico filtrante después de una dilución de gases de escape con aire limpio y filtrado hasta una temperatura superior a 315 K (42°C) y menor o igual a 325 K (52 °C), como el medido en el punto inmediato a contracorriente de un filtro primario, (ver notas 1, 2 y 3).

**4.2 Método de dilución de flujo parcial.** Proceso de separación de una parte de los gases de escape sin tratar a partir de un flujo total, mezclando con una cantidad apropiada de aire de dilución antes de pasar por un filtro de muestreo de partículas.

**4.3 Método de dilución flujo total.** Proceso de mezcla de aire de dilución con un flujo total de gases de escape antes de separar una fracción de corriente de gas de escape diluido para el análisis, (ver nota 4)

**4.4 Muestreo isocinético.** Proceso que consiste en controlar un flujo de muestra de gases de escape manteniendo la velocidad media de la muestra en el conducto igual a la velocidad media de la corriente de gases de escape.

**4.5 Muestreo no-cinético.** Proceso que consiste en controlar el flujo de muestras de gases de escape en forma independiente de la velocidad de la corriente de gases de escape.

**4.6 Método filtro múltiple.** Proceso que consiste en usar un par de filtros para cada uno de los modelos individuales de los ciclos de prueba, (ver nota 5).

**4.7 Método de filtro simple.** Proceso que consiste en usar un par de filtros durante todo el modelo de ciclo de prueba, (ver nota 6).

**4.8 Emisiones específicas.** Emisiones máscas expresadas en gramos por kilowatt-hora, (ver nota 7)

**4.9 Potencia al freno.** Potencia observada medida en el cigüeñal o su equivalente, para un motor equipado solamente con los auxiliares normalizados necesarios para su operación en el lecho de prueba, (ver 6.2.3 e ISO 14396).

**4.10 Auxiliares.** Equipo y dispositivos listados en ISO 14396.

NOTA 1. Partículas formadas principalmente por carbón, hidrocarburos condensados, sulfatos y agua asociada.

NOTA 2. Las partículas definidas en esta norma son sustancialmente diferentes en composición y peso de las partículas o polvo tomados directamente de los gases de escape sin diluir utilizando un método de filtro caliente (por ejemplo, ISO 9096). Se ha demostrado que la medición de partículas, como se describe en este ensayo es eficaz para niveles de azufre de hasta 0,8% en el combustible.

NOTA 3. El requisito de temperatura del filtro se ha cambiado en comparación con la norma ISO 8178-1:1996 para reflejar los últimos requisitos legales en los Estados Unidos y la Unión Europea. Los sistemas existentes construidos de conformidad con los requisitos de ISO 8178-1:1996 todavía pueden ser usados.

NOTA 4. Es común en muchos sistemas de dilución de flujo total diluir esta fracción de gas de escape pre-diluido en una segunda ocasión para obtener temperaturas adecuadas de muestra en el filtro de partículas

Nota 5. Los factores de ponderación modelo están representados para antes que el muestreo dure el dato de evaluación en la fase de prueba.

NOTA 6. Factores de ponderación modelo que deben tenerse en cuenta durante la fase de muestreo de partículas del ciclo de prueba para una velocidad de flujo de la muestra y/o tiempo de muestreo. Este método exige especial atención en la duración de muestreo y velocidades de flujo.

NOTA 7. Los auxiliares que se colocarán en el motor en servicio, para muchos tipos de motor dentro del alcance de este ensayo, no se conocen en el momento de la fabricación o de certificación.

Cuando no es adecuado para probar el motor en las condiciones que se definen en la norma ISO 14396 (por ejemplo, si el motor y la transmisión forma una unidad integral individual), el motor sólo puede probarse con otros auxiliares instalados. En este caso el ajuste del dinamómetro se debe determinar de acuerdo con 6.2.3. Las pérdidas producidas por los auxiliares no deben exceder el 5% de la potencia máxima observada. Las pérdidas que excedan el 5% deben aprobarse por las partes involucradas antes de la prueba.

## 5. SIMBOLOGÍA

### 5.1 Símbolos de composición del combustible

$^w\text{ALF}$	Contenido de hidrógeno del combustible, % masa
$^w\text{BET}$	Contenido de carbono del combustible, % masa
$^w\text{GAM}$	Contenido de azufre del combustible, % masa
$^w\text{DEL}$	Contenido de nitrógeno del combustible, % masa
$^w\text{EPS}$	Contenido de oxígeno del combustible, % masa
$\alpha$	Proporción molar (H/C)
$\beta$	Proporción molar (C/C)
$\gamma$	Proporción molar (S/C)
$\delta$	Proporción molar (N/C)
$\epsilon$	Proporción molar (O/C)

(ver nota 8)

### 5.2 Símbolos y Abreviaciones de componentes químicos

ACN	acetonitrilo
C1	hidrocarburo equivalente al carbono 1
CH <sub>4</sub>	metano
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	etano
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	propano
CH <sub>3</sub> OH	metanol
CO	monóxido de carbono
CO <sub>2</sub>	dióxido de carbono
DNPH	dinitrofenil hidracina
DOP	diociltalato
HC	hidrocarburos
HCHO	fomaldehído
H <sub>2</sub> O	agua
NH <sub>3</sub>	amonio
NMHC	hidrocarburos no metálicos
NO	óxido nítrico
NO <sub>2</sub>	dióxido de nitrógeno
NO <sub>x</sub>	óxidos de nitrógeno
N <sub>2</sub> O	óxido de nitrógeno
O <sub>2</sub>	oxígeno
RME	éster metílico de aceite de colza
SO <sub>2</sub>	dióxido de azufre
SO <sub>3</sub>	trioxido de azufre

### 5.3 Abreviaciones

CFV	Flujo crítico de venturi
EPC	detector quimioluminiscente
CVS	muestra de volumen constante
ECS	sensor electroquímico
FID	detector de ionización de llama
FTIR	analizador de infrarrojos por la transformada de Fourier
GC	Cromatografía de gases
HCLD	detector quimioluminiscente de caldeoado
HFID	detector de ionización de calor de la llama
HPLC	cromatografía de líquidos alta presión
NDIR	analizador infrarrojos no dispersivo
NMC	cortador no metánico
PDP	bomba de desplazamiento positivo
PMD	detector paramagnético
PT	partículas
UVD	Detector ultravioleta
ZRDO	sensor de dióxido de zirconio

NOTA 8. La conversión entre el contenido de masa y relación molar está dada en la ecuación A.3 a A.12 del Anexo A.

(Continúa)

**INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA**

**Documento:** TÍTULO: MEDICIÓN DE EMISIONES DE GASES DE ESCAPE Código:  
**NTE INEN 2203 EN MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA MC 08.06-302**

**Primera revisión**

<b>ORIGINAL:</b> Fecha de iniciación del estudio: 1998-02-17	<b>REVISIÓN:</b> Fecha de aprobación anterior por Consejo Directivo 2000-03-23 Oficialización con el Carácter de Obligatoria por Acuerdo No. 2000373 de 2000-07-03 publicado en el Registro Oficial No. 115 de 2000-07-07  Fecha de iniciación del estudio: 2012-07-18
---	--

Fechas de consulta pública: 2012-12-19 a 2013-01-18

Subcomité Técnico de:

Fecha de iniciación:

Integrantes del Subcomité:

Fecha de aprobación:

**NOMBRES:**

**INSTITUCIÓN REPRESENTADA:**

Mediante compromiso presidencial N° 16364, el Instituto Ecuatoriano de Normalización – INEN, en vista de la necesidad urgente, resuelve actualizar el acervo normativo en base al estado del arte y con el objetivo de atender a los sectores priorizados así como a todos los sectores productivos del país.

Para la revisión de esta Norma Técnica se ha considerado el nivel jerárquico de la normalización, habiendo el INEN realizado un análisis que ha determinado su conveniente aplicación en el país.

La Norma en referencia ha sido sometida a consulta pública por un periodo de 30 días y por ser considerada EMERGENTE no ha ingresado a Subcomité Técnico.

Otros trámites: ♦6 Esta norma sin ningún cambio en su contenido fue DESREGULARIZADA, pasando de OBLIGATORIA a VOLUNTARIA, según Resolución de Consejo Directivo de 1998-01-08 y oficializada mediante Acuerdo Ministerial No. 03 612 de 2003-12-22, publicado en el Registro Oficial No. 248 del 2004-01-09.

Esta NTE INEN 2203:2013 (Primera revisión), reemplaza a la NTE INEN 2203:2000

La Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Industrias y Productividad aprobó este proyecto de norma

Oficializada como: Voluntaria

Por Resolución No. 13783 de 2013-08-08

Registro Oficial No. 75 de 2013-09-06

*Anexo B*

Norma técnica ecuatoriana INEN 2204



## **INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN**

Quito - Ecuador

---

---

**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 “RALENTI”,  
PRUEBA ESTÁTICA.**

**Primera Edición**

ENVIRONMENTAL MANAGEMENT, AIR, MOTOR VEHICLES, DETERMINATION OF CONCENTRATION OF EXHAUST EMISSIONS IN MINIMUM SPEED CONDITIONS OR RALENTI STATIC TEST.

**GESTIÓN AMBIENTAL  
AIRE  
VEHÍCULOS AUTOMOTORES  
LÍMITES PERMITIDOS DE EMISIONES PRODUCIDAS POR FUENTES  
MÓVILES TERRESTRES QUE EMPLEAN GASOLINA**

### 1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma establece los límites permitidos de emisiones de contaminantes producidas por fuentes móviles terrestres (vehículos automotores) que emplean gasolina.

Esta norma se aplica a las fuentes móviles terrestres de más de tres ruedas (vehículo automotor, vehículo prototipo).

Esta norma no se aplica a las fuentes móviles que utilizan combustibles diferentes a gasolina.

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, vehículos motorizados clásicos, vehículos de competencia deportiva, maquinarias y equipos para uso en construcciones y aplicaciones industriales.

### 2. REFERENCIAS NORMATIVAS

Los siguientes documentos, en su totalidad o en parte, son indispensables para la aplicación de este documento. Para referencias fechadas, solamente aplica la edición citada. Para referencias sin fecha, aplica la última edición (incluyendo cualquier enmienda).

NTE INEN 2203, *Medición de emisiones de gases de escape en motores de combustión interna*

### 3. TÉRMINOS Y DEFINICIONES

Para los efectos de esta norma, se adoptan los siguientes términos y definiciones:

#### 3.1

##### **año modelo**

Año de producción del modelo de la fuente móvil.

#### 3.2

##### **ciclo**

Tiempo necesario para que el vehículo alcance la temperatura normal de operación en condiciones de marcha mínima o ralenti. Para las fuentes móviles equipadas con electroventilador, ciclo es el período que transcurre entre el encendido del ventilador del sistema de enfriamiento y el momento en que el ventilador se detiene.

#### 3.3

##### **ciclos de prueba**

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:

##### 3.3.1

##### **ciclo ECE + EUDC**

Ciclo de prueba dinámico establecido por la Unión Europea para los vehículos livianos y medianos, que utilizan gasolina.

**3.3.2****ciclo FTP-75**

Ciclo de prueba dinámico establecido por la Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos (EPA), para los vehículos livianos y medianos, que utilizan gasolina.

**3.4****dinamómetro**

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

**3.5****emisión de escape**

Descarga al aire de una o más sustancias en estado sólido, líquido, gaseoso o de alguna combinación de estos, proveniente del sistema de escape de una fuente móvil.

**3.6****fuentes móviles**

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.

**3.7****marcha mínima o ralenti**

Especificación de velocidad del motor establecida por el fabricante o ensamblador del vehículo, requerida 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 ralenti se establecerá en un máximo de 1100 r.p.m.

**3.8****motor**

Fuente principal de poder de un vehículo automotor que convierte la energía de un combustible líquido o gaseoso en energía cinética.

**3.9****peso bruto vehicular (PBV)**

Peso total del vehículo, definido como la suma total del peso en vacío (tara) más la carga técnicamente admisible declarada por el fabricante.

**3.10****peso de vehículo en vacío (tara)**

Valor nominal del peso del vehículo, según lo indicado por el fabricante, incluyendo todo el equipo estándar que requiere para su funcionamiento normal (por ejemplo, extintor de fuego, herramientas, rueda de emergencia, etc.), además de refrigerante, aceites, el tanque de combustible con su capacidad a la mitad.

**3.11****peso de referencia (PR)**

Peso del vehículo en marcha aumentado con un peso fijo de 120 kg. El peso del vehículo en marcha será el correspondiente al peso total en vacío con todos los depósitos llenos, salvo el del combustible, que estará solo a la mitad de su capacidad, un juego de herramientas y la rueda de repuesto.

**3.12****prueba dinámica**

Medición de emisiones que se realiza con el vehículo o motor sobre un dinamómetro, aplicando los ciclos de prueba descritos en esta norma.

**3.13****temperatura normal de operación**

Temperatura que alcanza el motor después de operar un mínimo de 10 minutos en marcha mínima (ralenti), 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.

**3.14****vehículo automotor**

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

**3.15****vehículo prototipo**

Vehículo de desarrollo o nuevo, representativo de la producción de un nuevo modelo.

**3.16****categoría M**

Vehículos automotores de cuatro ruedas o más diseñados y construidos para el transporte de pasajeros.

**3.17****categoría N**

Vehículos motorizados de cuatro ruedas o más diseñados y construidos para el transporte de mercancías.

**3.17.1****subcategoría N1**

Vehículos motorizados cuyo PBV no exceda de 3500 kg.

NOTA. En lo que respecta a la relación entre el peso de referencia del vehículo y la inercia equivalente que ha de emplearse, conviene conformar las definiciones de los pesos de los vehículos de las clases I, II y III de la categoría N1 con las de la Directiva 98/44/CE.

**4. REQUISITOS****4.1 Límites máximos de emisiones permitidos para fuentes móviles con motor de gasolina. Marcha mínima o ralenti (prueba estática)**

Toda fuente móvil con motor de gasolina, durante su funcionamiento en condición de marcha mínima o ralenti 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 ralenti (prueba estática)**

Año modelo	% CO <sup>a</sup>		ppm HC <sup>b</sup>	
	0 - 1500 <sup>a</sup>	1500 - 3000 <sup>a</sup>	0 - 1500 <sup>a</sup>	1500 - 3000 <sup>a</sup>
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

<sup>a</sup> Volumen.

<sup>b</sup> Altitud = metros sobre el nivel del mar (msnm).

## EMISION DE GASES EN VEHICULOS DE COMBUSTION INTERNA

NTE INEN 2204

2017-01

**4.2 Límites máximos de emisiones para fuentes móviles de gasolina. Ciclos FTP-75 (prueba dinámica)**

Toda fuente móvil que emplea gasolina no podrá emitir al aire monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (THC), hidrocarburos diferentes al metano (NMHC), óxidos de nitrógeno (NOx), 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) (ciclos americanos FTP-75, g/mi)**

Categoría	50,000 millas/5 años				100,000 millas/10 años <sup>a</sup>			
	CO g/mi	THC g/mi	NMHC g/mi	NOx g/mi	CO g/mi	THC g/mi	NMHC g/mi	NOx g/mi
Vehículos de pasajeros	3,4	0,41	0,25	0,4	4,2	-	0,31	0,6
LLDT, LVW < 3750 lbs	3,4	-	0,25	0,4	4,2	0,80	0,31	0,6
LLDT, LVW > 3750 lbs	4,4	-	0,32	0,7	5,5	0,80	0,40	0,97
HLDT, ALVW < 5750 lbs	4,4	0,32	-	0,7	6,4	0,80	0,46	0,98
HLDT, ALVW > 5750 lbs	5,0	0,39	-	1,1	7,3	0,80	0,56	1,53

<sup>a</sup> Véase así 120,000 millas/11 años para todos los estándares HLDT, THC y LDT.

Abreviaturas:  
 PBV Peso bruto vehicular  
 LVW Peso del vehículo cargado (tara + 300 lbs)  
 ALVW LVW ajustado (promedio numérico de la tara y el PBV)  
 LDT Camión ligero  
 LLDT Camión liviano ligero (debajo de 6000 lbs PBV)  
 HLDT Camión ligero pesado (sobre 6000 lbs PBV)

**4.3 Límites máximos de emisiones para fuentes móviles de gasolina. (prueba dinámica)**

Toda fuente móvil con motor de gasolina no debe 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) (Directiva de la UE 98/69/CE)**

Categoría	Clase	Peso de referencia (PR) kg	CO g/km	HC g/km	HC + NOx g/km	NOx	Ciclo de prueba
M <sup>a</sup>	-	Todas	2,3	0,2	-	0,15	ECE + EUDC  (también conocido como MVEG-A)
N1 <sup>b</sup>	I	PR ≤ 1 305	2,3	0,2	-	0,15	
	II	1 350 < PR ≤ 1 760	4,17	0,25	-	0,18	
	III	1 760 < PR	5,22	0,29	-	0,21	

<sup>a</sup> Salvo los vehículos cuyo peso máximo sobrepase 2500 kg.

<sup>b</sup> Y los vehículos de la categoría M que sobrepasen 2500 Kg.

**5. MÉTODOS DE ENSAYO**

Para la determinación de la concentración de emisiones del tubo de escape en condiciones de marcha mínima o ralentí, seguir el procedimiento descrito en NTE INEN 2203.

EMISION DE GASES EN VEHICULOS DE COMBUSTION INTERNA

Anexo C

**Tesis de estudios de emisión de gases**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
FACULTAD DE POSTGRADO**

**UTN**  
IBARRA - ECUADOR

Facultad de  
Posgrado

**MAESTRÍA EN INGENIERÍA AUTOMOTRIZ MENCIÓN EN NEGOCIOS  
AUTOMOTRICES**

**“ESTUDIO DE EMISIONES DE GASES EN VEHÍCULOS DE  
COMBUSTIÓN INTERNA A DIFERENTES CONDICIONES DE TRABAJO PARA  
REVISIÓN TÉCNICA VEHICULAR.”**

Tesis de Maestría presentada en cumplimiento parcial de los requisitos de la Maestría en  
Ingeniería Automotriz: mención en Negocios Automotrices.

**AUTOR: Ing. Yadira Maricela Semblantes Claudio**

**DIRECTOR: PhD. Zamir Andrés Mera Rosero**

**IBARRA - ECUADOR**

**2023**

#### 4. CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIONES

##### 4.1 Ejecución de pruebas en vehículos

En este capítulo se presenta los resultados del análisis de los datos obtenidos del desarrollo de la presente investigación, los cuales expondrán los porcentajes de medición de gases de combustión, para determinar si los vehículos probados cumplen con las normativas vigentes en el Ecuador, destacando el análisis de los mismos en situaciones de trabajo variables, como son: condiciones normales de funcionamiento, sin sistema de post tratamiento y en arranque en frío, para determinar si a pesar de las desviaciones aprueban la Revisión Técnica Vehicular (RTV).

Para el análisis de resultados se nombra a los vehículos usados para la ejecución de pruebas como se muestra en la **Tabla 4.1**

Los datos de los vehículos RTV, fueron tomados de la base de datos de la de la Revisión Técnica Vehicular de la ciudad de Quito correspondiente al año 2019.

**Tabla 4.1:**

*Vehículos de prueba*

Vehículos de la Revisión Técnica Vehicula (RTV)	RTV
Vehículo Sail	A
Vehículo Aveo de uso particular	B
Vehículo Aveo de uno comercial o alquiler	C

#### 4.1.1 Condiciones normales de funcionamiento

Para la obtención de la data, se ejecutó el protocolo de pruebas en condiciones normales de funcionamiento motor, siguiendo el procedimiento descrito en el aparatado de métodos, el cual hace referencia a la normativa de Revisión Técnica Vehicular (RTV) NTE INEN 2204.

Como se indicó los sujetos de experimentación realizaron una prueba convencional; esto con la finalidad de observar su desempeño mediante las mediciones de Monóxido de Carbono (CO) e Hidrocarburos (HC), a continuación, se describen los resultados obtenidos.

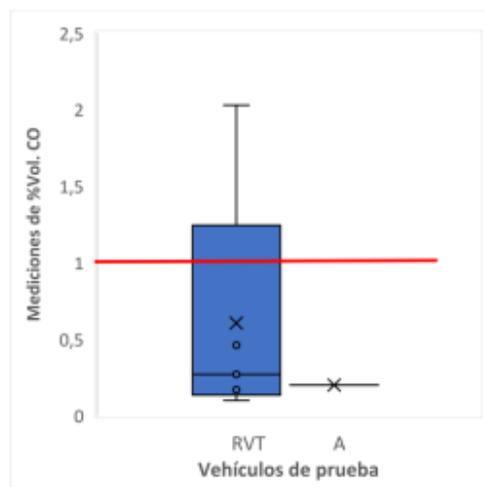
#### Medición de CO

##### 1) Pruebas estáticas medición de CO a ralentí (bajas rpm)

La **Figura 4.1** muestra el diagrama de cajas, para descripción de los grupos de datos obtenidos, donde se muestra la dispersión de datos entre los más bajos, medios y, extremos, resultado de las mediciones realizadas, donde se analiza la mediana marcada con una línea horizontal, encontrada para cada vehículo de prueba, para una posterior comparación con los volúmenes límites, de concentración de CO establecidos en la normativa.

**Figura 4.1**

*Medición de % Vol. CO en ralentí*



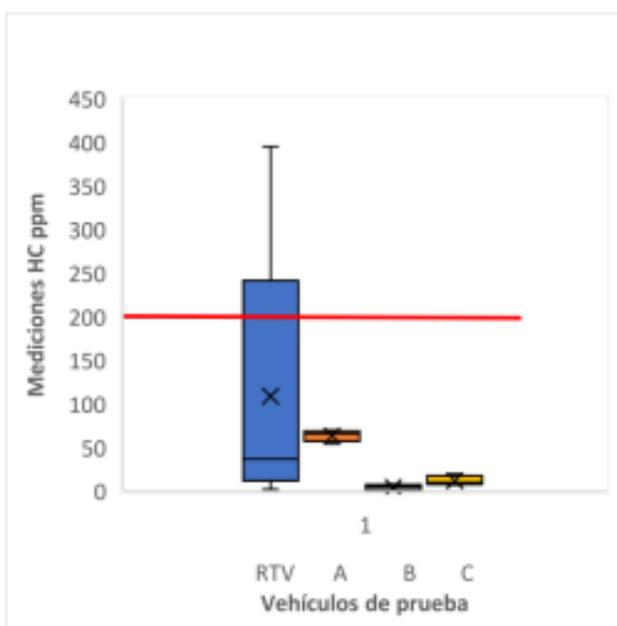
## Medición de IIC

### 3) Pruebas estáticas medición de HC en ralentí (bajas rpm)

La **Figura 4.3** muestra el diagrama de cajas, para descripción de los grupos de datos obtenidos, donde se muestra la dispersión de datos entre los más bajos, medios y, extremos, resultado de las mediciones realizadas, para lo cual se analiza la mediana marcada con una línea horizontal, encontrada para cada vehículo de prueba, para una posterior comparación con los volúmenes límites, de concentración de HC en ralentí, establecidos en la normativa.

**Figura 4.3**

*Medición de HC a ralentí (bajas rpm)*



## EMISION DE GASES EN VEHICULOS DE COMBUSTION INTERNA

**4.1.2 Condiciones sin Catalizador**

Para la obtención de las mediciones de emisiones de gases, variando las condiciones de trabajo, para lo cual se retiró el sistema de postratamiento, es decir sin catalizador y sistema de escape, seguidamente se ejecutó el procedimiento descrito en el aparatado de métodos, el cual hace referencia al utilizado en la normativa de Revisión Técnica Vehicular (RTV) NTE INEN 2204.

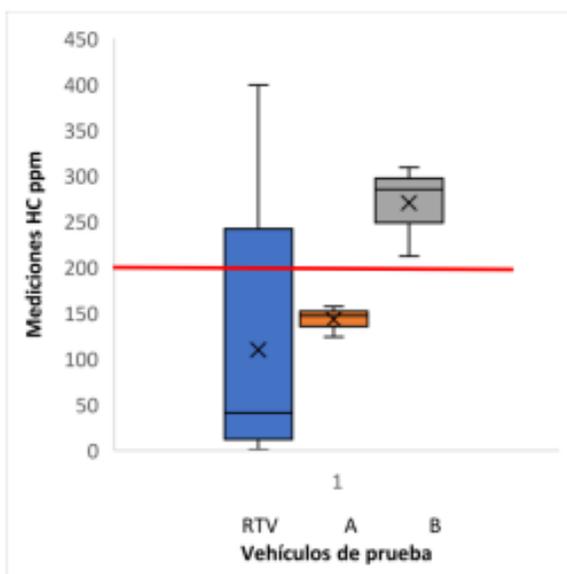
Los vehículos de prueba A, B, y C, fueron sometidos al procedimiento en condición de trabajo sin catalizador; esto con la finalidad de observar el desempeño o cambios, mediante las mediciones porcentuales de Monóxido de Carbono (CO) e Hidrocarburos (HC), para observar si existen variación en el comportamiento de los gases de combustión, y posteriormente llevar a cabo un comparación con los datos obtenidos de la Revisión Técnica Vehicular, a continuación, se describen los resultados obtenidos.

**4) Pruebas estáticas medición de HC a régimen de giro alto**

En el siguiente análisis, se indica las mediciones de HC para el sistema motor, sin presencia de sistema de postratamiento, estas pruebas se llevaron a cabo en régimen de giro alto, para lo cual se describe las medianas de las mediciones obtenidas para cada uno de los vehículos de prueba.

**Figura 4.8**

*Medición de HC régimen de giro alto, condición sin catalizador*



## Artículo científico

Artículo Científico / Scientific Paper



**INGENIUS**  
 Revista de Ciencia y Tecnología  
<https://doi.org/10.17163/ings.n23.2020.02>  
 pISSN: 1390-650X / eISSN: 1390-860X

## ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS EMISIONES DE CO<sub>2</sub>, CO Y DEL FACTOR LAMBDA DE UN VEHÍCULO CON SISTEMA DE INYECCIÓN CONVENCIONAL CON CATALIZADOR Y SIN CATALIZADOR

## ANALYSIS OF BEHAVIOR OF CO<sub>2</sub> EMISSIONS, CO AND THE LAMBDA FACTOR OF A VEHICLE WITH A CONVENTIONAL INJECTION SYSTEM WITH CATALYST AND WITHOUT CATALYST

Edgar Vicente Rojas Reinoso<sup>1,\*</sup>, Vicente Javier Romero Hidalgo<sup>2</sup>,  
 Johnny Marcelo Pancha Ramos<sup>2</sup>

### Resumen

El análisis del comportamiento de emisiones de CO, CO<sub>2</sub> sirve para determinar el comportamiento del ciclo de trabajo del motor, además de la verificación de la gráfica del factor lambda, para lo cual se realiza el estudio de la importancia de un catalizador porque en algunas ocasiones los propietarios de los vehículos deciden eliminar el convertidor catalítico de la línea de salida de los gases combustión del motor y así circulan por las vías del Ecuador desconociendo la afectación hacia la salud de los ciudadanos y la contaminación directa hacia el medioambiente. Con el análisis del funcionamiento y características de las emisiones contaminantes de un motor de combustión interna ciclo Otto se generan modelos de control para la proyección de la cantidad de gases contaminantes que se emiten al eliminar el convertidor catalítico y de tal forma establecer los niveles de emisiones que un vehículo sin catalizador genera, a pesar de que el motor se encuentre en óptimas condiciones de funcionamiento en diferentes regímenes de giro.

**Palabras clave:** catalizador, ciclo Otto, gases de combustión, mitigación ambiental.

### Abstract

The analysis of the behavior of emissions of CO, CO<sub>2</sub> are clear to determine the behavior of the engine work cycle in addition to the verification of the graph of the lambda factor, for which the study of the importance of a catalyst is performed because some Sometimes the owners of the vehicles decide to eliminate the catalytic converter from the output line of the combustion gases of the engine and circulate along the roads of Ecuador ignoring the impact on the health of citizens and direct pollution towards the environment. With the analysis of the operation and characteristics of the pollutant emissions of an internal combustion engine Otto cycle, control models are generated for the projection of the amount of pollutant gases that are emitted when eliminating the catalytic converter and thereby establishing the emission levels that a vehicle without a catalyst is generated despite the fact that the engine is in optimal operating conditions at different speeds.

**Keywords:** catalyst, environmental mitigation, Otto cycle, Pollution.

<sup>1,\*</sup> Docente Investigador, Ingeniería Automotriz, Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador.

Autor para correspondencia ✉: [erojas@ups.edu.ec](mailto:erojas@ups.edu.ec) <http://orcid.org/0000-0001-5658-3055>

<sup>2</sup> Docente Investigador, Ingeniería Automotriz, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador.  
<http://orcid.org/0000-0003-2317-7071>, <http://orcid.org/0000-0001-7320-2154>

Recibido: 30-05-2019, aprobado tras revisión: 31-10-2019

Forma sugerida de citación: Rojas Reinoso, E. V.; Romero Hidalgo, V. J. y Pancha Ramos, J. M. (2020). «Análisis del comportamiento de las emisiones de CO<sub>2</sub>, CO y del factor lambda de un vehículo con sistema de inyección convencional con catalizador y sin catalizador». INGENIUS. N.º 23, (enero-junio). pp. 23-29. DOI: <https://doi.org/10.17163/ings.n23.2020.02>

## 1. Introducción

En la actualidad las emisiones contaminantes de un vehículo son factores en constante análisis y estudio para lograr motores más eficientes y con niveles bajos de emisiones contaminantes. Durante varios años los vehículos han sido considerados como una fuente importante de emisiones contaminantes hacia el ambiente debido al uso de motores de combustión interna. Durante el desarrollo del ciclo de funcionamiento del motor y logrando una combustión ideal se obtendría nitrógeno molecular ( $N_2$ ), agua ( $H_2O$ ) y dióxido de carbono ( $CO_2$ ). Pero como resultado de los ciclos de funcionamiento de un motor térmico la combustión no llega a ser perfecta, dando lugar a que se generen elementos adicionales como son compuestos orgánicos volátiles (COV), monóxido de carbono (CO), óxidos de azufre, humos negros, compuesto de plomo y óxidos de nitrógeno (NO y  $NO_2$ ) [1]. Entre algunas de las estrategias para reducir los niveles de gases contaminantes se encuentra el uso de convertidores catalíticos a la salida de los gases combustionados del motor mediante reacciones químicas e influenciadas por condiciones como la temperatura, presión y la aplicación de materiales que interactúan con los gases de escape [2]. El uso y aplicación de estos convertidores catalíticos se han desarrollado mediante estudios realizados por cada uno de los fabricantes para que sus vehículos sean más amigables con el medioambiente; de ahí la necesidad de mantenerlos instalados.

La importancia del estudio se ha definido mediante el análisis de los gases contaminantes cuando se elimina el convertidor catalítico; en el cual se considera los valores iniciales de los gases de escape con el convertidor instalado y los valores obtenidos cuando se deja de usarlo para definir un modelo matemático que prediga la importancia de no suspender o desinstalar un convertidor catalítico en la línea de escape.

### 1.1. Emisiones contaminantes

Los gases contaminantes que se originan en los vehículos actúan como irritantes en las vías respiratorias, perjudican los tejidos alterando su permeabilidad, haciendo que estos sean más vulnerables a desarrollar enfermedades respiratorias y puedan aparecer infecciones virales o bacterianas.

El monóxido de nitrógeno (NO) se forma por la reacción de nitrógeno y oxígeno, a altas temperaturas en la cámara de combustión. El dióxido de nitrógeno ( $NO_2$ ) es un gas rojizo e irritante que al ser inhalado se adhiere en la mucosa nasal formando ácido nítrico. La generación de este ácido provoca una reacción inmediata: la irritación de las vías respiratorias juntamente con un malestar en los ojos; los pulmones son afectados provocando problemas respiratorios y reacciones broncopulmonares.

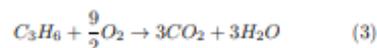
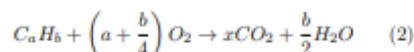
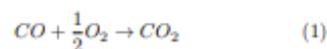
El monóxido de carbono (CO) se genera por la combustión incompleta del combustible por la presencia de bajos niveles de oxígeno; se debe considerar que el monóxido de carbono aumenta con la variación de la relación aire-combustible durante la mezcla. Los hidrocarburos no quemados (HC) producen irritación en los ojos y afectan directamente a las mucosas de las vías respiratorias, además, puede causar un efecto narcótico y son compuestos cancerígenos. Los hidrocarburos son los causantes de la presencia de lluvias ácidas y juntamente con los rayos ultravioletas producen el humo fotoquímico [3].

#### 1.1.1. Convertidor catalítico

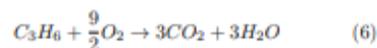
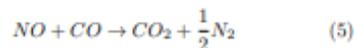
Una solución de metales preciosos, usada con diferentes aleaciones ( $Al_2O_3$ ) se integra al convertidor catalítico y se instala a la salida de los gases de escape [4].

Otros elementos que complementan la estructura de un convertidor catalítico son el platino (Pt), rodio (Rh) y el paladio (Pd); estos materiales catalíticos integran varios tipos de catalizadores; así por ejemplo el uso del platino y paladio forman el convertidor catalítico de dos vías o conocido como catalizador de oxidación, mientras que estos elementos juntamente con el rodio son usados para los catalizadores de tres vías o de reducción y oxidación [4].

A continuación, se muestran los procesos químicos de reducción en un convertidor catalítico.



Las reacciones generadas en un convertidor catalítico en oxidación son:



Para un mejor desempeño de los catalizadores es necesario que la mezcla aire-gasolina sea dosificada al motor; es decir, posea una composición proporcionada de un kilogramo de gasolina por 14,7 kilogramos de aire. El elemento que registra la composición de la mezcla es un dispositivo de monitoreo llamado sonda lambda [5]. Este dispositivo verifica y permite que una unidad de control realice ajustes constantes sobre la

mezcla aire y combustible, tomando como referencia el porcentaje de oxígeno que existe en los gases combustiónados que salen por el tubo de escape para informar a la unidad de gestión de inyección del motor sobre la cantidad de combustible; esta característica es denominada como factor lambda, y de esto dependerá del funcionamiento del catalizador [5]. Es por ello por lo que algunos convertidores catalíticos en su diseño usan algún tipo de material para disminuir los niveles de oxígeno [6]. Los elementos usualmente aplicados como el cerio (Ce) y el circonio (Zr) almacenan el oxígeno y luego según las condiciones de funcionamiento liberan el oxígeno cuando disminuye la presencia de este en los gases de combustión [6].

## 2. Materiales y métodos

Para la investigación presentada se ha optado por una estrategia de experimentación basada en un ciclo de Deming, que se amplía hacia la planificación, realización, verificación y actuación fundamentado en una espiral hacia la mejora continua [7].

Se contrastan los parámetros establecidos del funcionamiento de un motor de combustión provocado ciclo Otto (en su línea de escape usa un catalizador de dos vías) con los valores de emisión del mismo motor bajo las mismas características, pero eliminando el convertidor catalítico de la línea de salida de gases de escape.

### 2.1. Unidad experimental

Para la realización de este estudio se usa como unidad de estudios un vehículo Sedan con un motor FS-ZM con un catalizador de dos vías en su línea de escape. En la Tabla 1 se muestran las características de este motor.

**Tabla 1.** Características del motor FS-ZM con catalizador de dos vías

<b>Motor</b>	FS-ZM
<b>Cilindraje</b>	1600 cm <sup>3</sup>
<b>Potencia máxima</b>	97 kW
<b>Torque</b>	120 Nm
<b>Número de cilindros</b>	4
<b>Relación de compresión</b>	9:01
<b>Sistema de combustible</b>	Inyección multipunto
<b>Tipo de catalizador</b>	Oxidación – 2 vías

Para la obtención de valores de emisión de gases contaminantes se ha usado un analizador de gases combinado marca MAHA modelo Met 6.3. En la Tabla 2 se muestran las características del equipo medición.

**Tabla 2.** Características del analizador de gases MAHA Met 6.3

Gases mesurables	HC, CO, CO <sub>2</sub> , O <sub>2</sub>
Principio de medición espectrometría de infrarrojo	HC, CO, CO <sub>2</sub>
Principio de medición detección electroquímica	O <sub>2</sub>
Índice de flujo	3.5 l/min
Clase de precisión	O (OIML)
CO - Rango de medición/Exactitud de medición (máx.)	-15 % Vol. / 0,01
CO <sub>2</sub> - Rango de medición/Exactitud de medición (máx.)	-20 % Vol. / 0,01
HC - Rango de medición/Exactitud de medición (máx.)	-9999 ppm / 0,1
O <sub>2</sub> - Rango de medición/Exactitud de medición (máx.)	-25 % Vol. / 0,01
Lambda (calculada)	0,5 - 9,99 / 0,01
Principio de medición	Extinktionsmessung
Rango de medición concentración de partículas	-1100 mg/m <sup>3</sup>
Resolución concentración de partículas	1 mg/m <sup>3</sup>
Intervalo de medición opacidad	-100%
Área de medición coeficiente de absorción	-9.99 m <sup>-1</sup>
Resolución coeficiente de absorción	0.01 m <sup>-1</sup>

### 2.2. Diseño experimental

Para el desarrollo de este trabajo se ha aplicado un diseño experimental basado en la obtención de un modelo matemático que prediga la diferencia que existe al momentos de eliminar el convertidor catalítico de la línea de salida de gases de escape. Considerando como variables de estudio de salida los valores de emisiones de gases de escape en un motor de cuatro cilindros que usa en su diseño un catalizador de oxidación [8,9].

### 2.3. Variables de respuestas

Las variables de respuestas se han seleccionado con la atención a otras investigaciones realizadas; tomando en cuenta la determinación de la concentración de emisiones de escape en condiciones de marcha mínima o Ralentí Prueba Estática, 2000 [7,10,11]. En la Tabla 3 se muestran las variables de respuesta.

**Tabla 3.** Variables de respuestas

Variable	Símbolo	Unidad
Monóxido de carbono	CO	%
Hidrocarburos	HC	ppm
Dióxido de carbono	CO <sub>2</sub>	%
Lambda	λ	-
Oxígeno	O <sub>2</sub>	%

#### 2.4. Régimen de giro

Para el presente estudio se ha considerado como régimen de giro lo establecido en la norma INEN, Gestión Ambiental. Aire. Vehículos Automotores. Determinación de la Concentración de Emisiones de Escape en Condiciones de Marcha Mínima o Ralentí Prueba Estática, 2000 y la INEN, Revisión Técnica Vehicular. Procedimientos, 2003; procedimientos usados en otros estudios similares de emisiones. [7]. Considerando para ralentí 700 rpm como primera consideración régimen de giro y la segunda a 2500 rpm [7].

### 3. Resultados y discusión

Las ecuaciones de control de emisiones controlan el modelo de predicción de los datos de emisiones, pero el dato más relevante para estabilizar dicho modelo es la comparación con el factor lambda, para así conseguir la menor cantidad de emisiones contaminantes de CO<sub>2</sub>, CO y HC.

El elemento de control para la disminución de contaminantes es el catalizador; para el análisis son de dos vías, para el mismo modelo de vehículo en este caso que nos permitirá obtener los datos de control para vehículos que poseen el mismo estilo o tipo de catalizador. Las pruebas fueron realizadas a condiciones ambientales normales a una altura de 2850 msnm, e instantáneamente para asegurar la veracidad e inherencia de los datos.

El modelo de predicción de control se representa en la Ecuación 1 que se adapta al comportamiento del manto de control. La Figura 1 indica el comportamiento de la dispersión de datos, la cual demuestra que en condiciones bajas de funcionamiento (ralentí) el vehículo genera picos de alteración no estables (sin catalizador), que provocan que el lambda se dispare, con lo que el CO<sub>2</sub> y CO se incrementan progresivamente y se desestabilizan las emisiones como se puede comprobar en la Ecuación 2 de la Figura 2.

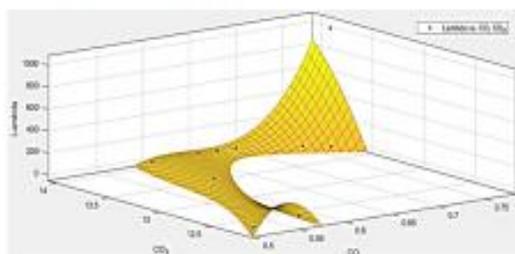


Figura 1. Manto de comportamiento del lambda vs. CO<sub>2</sub> vs. CO en ralentí sin catalizador.

$$f(x, y) = p00 + p10x + p01y + p20x^2 + p11xy + p02y^2 + p30x^3 + p21x^2y + p12xy^2$$

Coefficientes:

$$\begin{aligned} p00 &= -127.4(-891.9, 637) \\ p10 &= -164.1(-671.2, 343) \\ p01 &= 321.7(-343.1, 986.4) \\ p20 &= 114.3(-497.1, 725.7) \\ p11 &= 386.1(-731.3, 1504) \\ p02 &= -185.9(-2177, 1805) \\ p30 &= 130.4(-213.5, 474.2) \\ p21 &= 84.29(-912.1, 1081) \\ p12 &= -108.7(-1627, 1409) \end{aligned}$$

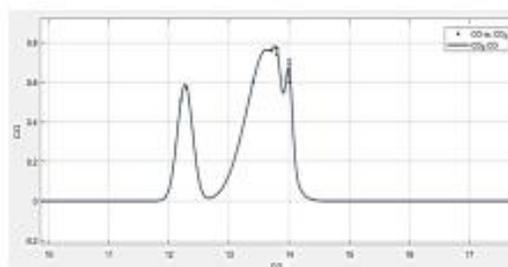


Figura 2. Comportamiento del CO y CO<sub>2</sub>

$$\begin{aligned} f(x) &= a1 \cdot \exp\left(-\left(\frac{x-b1}{c1}\right)^2\right) + \\ & a2 \cdot \exp\left(-\left(\frac{x-b2}{c2}\right)^2\right) + \\ & a3 \cdot \exp\left(-\left(\frac{x-b3}{c3}\right)^2\right) + \\ & a4 \cdot \exp\left(-\left(\frac{x-b4}{c4}\right)^2\right) + \\ & a5 \cdot \exp\left(-\left(\frac{x-b5}{c5}\right)^2\right) \end{aligned}$$

Coefficientes:

$$\begin{aligned} a1 &= 0.1629(-1.753e^{+42}, 1.753e^{+42}) \\ b1 &= 13.8(-4.279e^{+41}, 4.279e^{+41}) \\ c1 &= 0.08264(-6.414e^{+41}, 6.414e^{+41}) \\ a2 &= 0.4192(-1.066e^{+41}, 1.066e^{+41}) \\ b2 &= 14(-8.979e^{+43}, 8.979e^{+43}) \\ c2 &= 0.07769(-1.604e^{+43}, 1.604e^{+43}) \\ a3 &= 0.3826(-1.532e^{+35}, 1.532e^{+35}) \\ b3 &= 13.41(-6.356e^{+34}, 6.356e^{+34}) \\ c3 &= 0.3917(-3.071e^{+34}, 3.071e^{+34}) \\ a4 &= 0.5899(-9.371e^{+28}, 9.371e^{+28}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b4 &= 12.27(-4.638e^{+30}, 4.638e^{+30}) \\ c4 &= 0.1762(-9.03e^{+30}, 9.03e^{+30}) \\ a5 &= 0.5032(-1.75e^{+34}, 1.75e^{+34}) \\ b5 &= 13.7(-1.107e^{+35}, 1.107e^{+35}) \\ c5 &= 0.3243(-9.532e^{+33}, 9.532e^{+33}) \end{aligned}$$

El modelo de predicción de control es una Ecuación 3 que se adapta al comportamiento del manto de control; y la Figura 3 indica el comportamiento de la dispersión de datos, la cual demuestra que en condiciones bajas de funcionamiento (ralentí) el vehículo genera una condición estable (con catalizador), que ocasiona que el lambda genere su curva senoidal invariable, provocando que el CO<sub>2</sub>, CO y las emisiones se estabilicen como se puede comprobar en la ecuación 4 de la Figura 4; cada valor de CO<sub>2</sub> se estabiliza con respecto a un valor de CO.

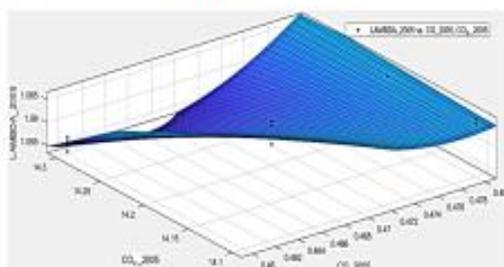


Figura 3. Manto de comportamiento del lambda vs. CO<sub>2</sub> vs. CO en ralentí con catalizador

$$f(x, y) = p00 + p10x + p01y + p20x^2 + p11xy$$

Coefficientes:

$$\begin{aligned} p00 &= 63.85(34.8, 92.9) \\ p10 &= -161.1(-235.9, -86.2) \\ p01 &= -3.437(-5.027, -1.846) \\ p20 &= 62.83(32.05, 93.61) \\ p11 &= 7.167(3.839, 10.49) \end{aligned}$$

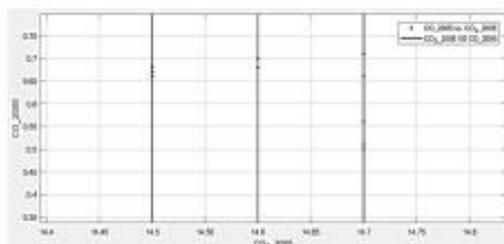


Figura 4. Comportamiento del CO y CO<sub>2</sub>

$$f(x) = p1x^3 + p2x^2 + p3x + p4$$

Coefficientes:

$$\begin{aligned} p1 &= 1.257e^{+10}(-1.901e^{+09}, 2.705e^{+10}) \\ p2 &= -5.508e^{+11}(-1.185e^{+12}, 8.326e^{+10}) \\ p3 &= 8.041e^{+12}(-1.216e^{+12}, 1.73e^{+13}) \\ p4 &= -3.913e^{+13}(-8.418e^{+13}, 5.916e^{+12}) \end{aligned}$$

La estabilidad de las emisiones con base al uso del catalizador en condiciones bajas es inherente en el comportamiento de la inyección, más aún en lo que es consumo de combustible, generando una cantidad mayor de emisiones. Motivo por el cual se genera el mismo análisis en las condiciones de régimen alto de 4000 rpm que es el rango óptimo de funcionamiento con respecto al fabricante para el modelo de estudio (Mazda allegro).

En régimen alto, el motor sin catalizador genera la onda de estabilidad, pero los valores de CO y CO<sub>2</sub> siguen siendo muy oscilantes, lo que genera un lambda de control demasiado rico como se puede observar en la Figura 5 de la Ecuación 5.

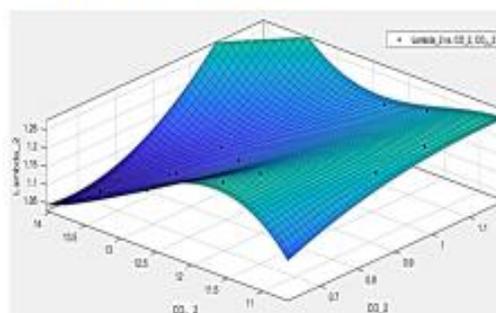


Figura 5. Manto de comportamiento del lambda vs. CO<sub>2</sub> vs. CO en régimen alto (4500 rpm) sin catalizador

$$f(x, y) = p00 + p10x + p01y + p20x^2 + p11xy + p02y^2 + p30x^3 + p21x^2y + p12xy^2 + p03y^3$$

Coefficientes:

$$\begin{aligned} p00 &= -66.85(-111.5, -22.22) \\ p10 &= 37.06(2.801, 71.32) \\ p01 &= 14.25(5.461, 23.03) \\ p20 &= -6.703(-17.69, 4.28) \\ p11 &= -5.262(-9.398, -1.126) \\ p02 &= -0.9794(-1.572, -0.3871) \\ p30 &= 0.1117(-1.636, 1.86) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} p_{21} &= 0.5634(-0.04962, 1.177) \\ p_{12} &= 0.1778(0.05104, 0.3045) \\ p_{03} &= 0.02223(0.008537, 0.03593) \end{aligned}$$

En el motor con catalizador, se nota que la onda senoidal es de un periodo mayor, generando una linealidad en las emisiones de CO y CO<sub>2</sub>, debido a que el lambda de control es más estable como se puede observar en la Figura 6 de la Ecuación 6, indicando que el sistema de inyección genera una estequiometría constante en las fases de trabajo.

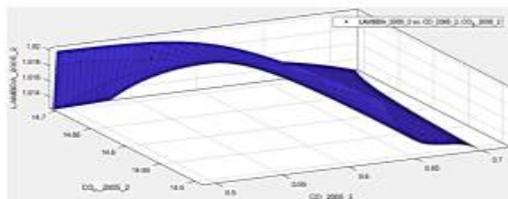


Figura 6. Manto de comportamiento del lambda vs. CO<sub>2</sub> vs. CO en régimen alto (4500 rpm) con catalizador

$$f(x, y) = p_{00} + p_{10}x + p_{01}y + p_{20}x^2 + p_{11}xy + p_{02}y^2 + p_{30}x^3 + p_{21}x^2y + p_{12}xy^2$$

Coefficientes:

$$\begin{aligned} p_{00} &= -653.5(-2064, 756.7) \\ p_{10} &= 899.3(-979.2, 2778) \\ p_{01} &= 92.64(-109.8, 295.1) \\ p_{20} &= 99.1(-229.7, 427.9) \\ p_{11} &= -132.2(-416.8, 152.4) \\ p_{02} &= -3.273(-10.52, 3.974) \\ p_{30} &= -0.3921(-1.442, 0.6578) \\ p_{21} &= -6.694(-29.06, 15.67) \\ p_{12} &= 4.832(-5.854, 15.52) \end{aligned}$$

La diferencia fundamental en el manto de control del lambda es la senoidal estable y la linealidad, enfocando nuevamente que en un rango de 4000 rpm la velocidad de trabajo por ciclos es mayor por ende las emisiones son mucho más altas como se indica en la Figura 5, mientras que en la Figura 6 el manto es estable y por ende las emisiones son de menor grado de variación.

#### 4. Conclusiones

La estabilidad de las emisiones con base al uso del catalizador en condiciones bajas es inherente con el comportamiento del sistema de inyección, más aún en lo que es consumo de combustible, generando una cantidad mayor de emisiones.

En régimen alto, el motor sin catalizador genera la onda de estabilidad, pero los valores de CO y CO<sub>2</sub> siguen siendo muy oscilantes, lo que genera un lambda de control demasiado rico.

En el motor con catalizador, se nota que la onda senoidal es de un periodo mayor, generando una linealidad en las emisiones de CO y CO<sub>2</sub>, debido a que el lambda de control es más estable.

En el análisis del manto de control del lambda la senoidal y la linealidad son estables, enfocando nuevamente que en un rango de 4000 rpm la velocidad de trabajo por ciclos es mayor por lo que las emisiones son mucho más altas.

#### Referencias

- [1] I. Asensio, J. Rincón, R. Camarillo, and A. Martín, "Reciclado de catalizadores de automóviles. análisis de las técnicas actuales y propuestas de futuro," in *I Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos*, 2008. [Online]. Available: <https://bit.ly/33NJadl>
- [2] S. Bhattacharyya and R. K. Das, "Catalytic control of automotive nox: a review," *International Journal of Energy Research*, vol. 23, no. 4, pp. 351–369, 1999. [Online]. Available: [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-114X\(19990325\)23:4%3C351::AID-ER497%3E3.0.CO;2-T](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-114X(19990325)23:4%3C351::AID-ER497%3E3.0.CO;2-T)
- [3] G. D'Amato, G. Liccardi, and M. Cazzola, "Environment and development of respiratory allergy: I. outdoors," *Monaldi archives for chest disease = Archivio Monaldi per le malattie del torace*, vol. 49, no. 5, pp. 406–411, December 1994. [Online]. Available: <https://bit.ly/353T8aR>
- [4] K. C. R. Martins, F. Soto Pau, J. A. Silva, A. M. Santos, and R. F. dosSantos, "rtt," *Ingeniería Mecánica*, vol. 8, no. 1, pp. 39–46, 2005. [Online]. Available: <https://bit.ly/2NKO0HJ>
- [5] L. Martín, J. L. Arranz, O. Prieto, R. Trujillano, M. J. Holgado, M. A. Galán, and V. Rives, "Simulation three-way catalyst ageing: Analysis of two conventional catalyst," *Applied Catalysis B: Environmental*, vol. 44, no. 1, pp. 41–52, 2003. [Online]. Available: [https://doi.org/10.1016/S0926-3373\(03\)00008-0](https://doi.org/10.1016/S0926-3373(03)00008-0)
- [6] R. A. Daley, S. Y. Christou, A. M. Efsthathiou, and J. A. Anderson, "Influence of oxychlorination

- treatments on the redox and oxygen storage and release properties of thermally aged pd-rh/cexzr1-xo2/al2o3 model three-way catalysts," *Applied Catalysis B: Environmental*, vol. 60, no. 1, pp. 117–127, 2005. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.apcatb.2005.03.002>
- [7] N. Rivera, J. Chica, I. Zambrano, and C. García, "Estudio Del Comportamiento De Un Motor Ciclo Otto De Inyección Electrónica Respecto De La Estequiometría de la mezcla y del adelanto al encendido para la ciudad de Cuenca," *Revista Politécnica*, vol. 40, pp. 59–67, 10 2017. [Online]. Available: <https://bit.ly/376IV7F>
  - [8] INEN, "Inen 2 203:2000. gestión ambiental. aire. vehículos automotores. determinación de la concentración de emisiones de escape en condiciones de marcha mínima o ralenti prueba estática," in *Servicio Ecuatoriano de Normalización*, 2000. [Online]. Available: <https://bit.ly/2CLVbnG>
  - [9] D. D. Montgomery, *Design and Analysis of Experiments*, J. W. Sons, Ed., 2017. [Online]. Available: <https://bit.ly/2qSdxkj>
  - [10] INEN, "Inen 2 204:2002 gestión ambiental aire vehículos automotores límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres de gasolina," in *Servicio Ecuatoriano de Normalización*, 2002. [Online]. Available: <https://bit.ly/375VPua>
  - [11] —, "Inen 2 349:2003. revisión técnica vehicular. procedimientos," in *Servicio Ecuatoriano de Normalización*, 2003. [Online]. Available: <https://bit.ly/33LUpTC>