



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**“ANÁLISIS DEL IMPACTO DEL TRÁFICO VEHICULAR SOBRE
LAS EMISIONES CONTAMINANTES”**

Trabajo de titulación

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

AUTOR:

LUIS FABRICIO YANQUI MIRANDA

Riobamba – Ecuador

2021



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**“ANÁLISIS DEL IMPACTO DEL TRÁFICO VEHICULAR SOBRE
LAS EMISIONES CONTAMINANTES”**

Trabajo de titulación

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

AUTOR: LUIS FABRICIO YANQUI MIRANDA

DIRECTOR: Ing. PAUL ALEJANDRO MONTUFAR PAZ

Riobamba – Ecuador

2021

© 2021, Luis Fabricio Yanqui Miranda

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho del Autor.

Yo, LUIS FABRICIO YANQUI MIRANDA, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 19 de julio de 2021

Luis Fabricio Yanqui Miranda

1804437919

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de titulación; tipo: Proyecto de investigación, **ANÁLISIS DEL IMPACTO DEL TRÁFICO VEHICULAR SOBRE LAS EMISIONES CONTAMINANTES**, realizado por el señor: **LUIS FABRICIO YANQUI MIRANDA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. José Francisco Pérez Fiallos PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	_____	2021-07-19
Ing. Paúl Alejandro Montúfar Paz DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN	_____	2021-07-19
Ing. Johnny Marcelo Pancha Ramos MIEMBRO DEL TRIBUNAL	_____	2021-07-19

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación, representa el trabajo y sacrificio de varios años y va dedicado principalmente a Dios por brindarme toda la fuerza necesaria para poder salir triunfante en todos los momentos difíciles, por darme la sabiduría para continuar con todas las etapas de la carrera. Y por darme valentía para poder alcanzar este objetivo tan anhelado.

A mi madre y mis hermanos quienes me han demostrado que con esfuerzo y sacrificio se puede lograr los objetivos, y mis amigos con quienes compartí pocos, pero gratos momentos durante mi formación académica.

Fabricio Yanqui Miranda

AGRADECIMIENTO

El sincero agradecimiento a Dios por guiarme por el camino correcto y la bendición de mantenerme con salud y fuerza para poder trabajar y solventar mis gastos de estudios.

A mis padres quienes desde pequeño ayudaron a guiarme por un buen camino y me inculcaron educación y valores para ser una persona de bien.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por brindarme la oportunidad de estudiar en esta prestigiosa carrera, y a todos los docentes quienes aportaron con su valioso conocimiento para mi formación profesional.

Fabricio Yanqui Miranda

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
RESUMEN.....	xv
SUMMARY	xvi
INTRODUCCION	1

CAPITULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	2
1.1 Antecedentes	2
1.2 Planteamiento del Problema	3
<i>1.2.1 Formulación del Problema de Investigación</i>	<i>3</i>
<i>1.2.2 Delimitación del Problema</i>	<i>3</i>
1.3 Justificación	4
<i>1.3.1 Justificación teórica.....</i>	<i>4</i>
<i>1.3.2 Justificación metodológica</i>	<i>4</i>
<i>1.3.3 Justificación practica.....</i>	<i>4</i>
1.4 Objetivos	5
<i>1.4.1 Objetivo General</i>	<i>5</i>
<i>1.4.2 Objetivos Específicos.....</i>	<i>5</i>
1.5 Hipótesis.....	5
1.6 Marco Teórico	6
<i>1.6.1 El motor de combustión interna</i>	<i>6</i>
<i>1.6.2 Clasificación del motor de combustión interna</i>	<i>6</i>
<i>1.6.3 Funcionamiento del motor de 4 tiempos</i>	<i>7</i>
<i>1.6.4 Principio Termodinámico</i>	<i>9</i>
<i>1.6.5 Ciclo Teórico del Motor de combustión interna</i>	<i>9</i>
<i>1.6.5.1 Ciclo Otto Teórico.....</i>	<i>9</i>
<i>1.6.5.2 Ciclo Diesel Teórico.....</i>	<i>10</i>
<i>1.6.6 La combustión.....</i>	<i>11</i>
<i>1.6.7 Clasificación de los procesos de combustión</i>	<i>11</i>

1.6.7.1	Combustión completa	11
1.6.7.2	Combustión incompleta	11
1.6.7.3	Combustión estequiométrica o teórica	11
1.6.7.4	Combustión pobre.....	12
1.6.7.5	Combustión rica	12
1.6.8	La contaminación	12
1.6.9	Emisiones contaminantes	14
1.6.10	Clasificación de emisiones contaminantes.....	15
1.6.10.1	Emisiones contaminantes inofensivas	15
1.6.10.2	Emisiones contaminantes toxicas	16
1.6.11	Límites de emisiones permitidos en Ecuador.....	17
1.6.11.1	Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2204:2002	17
1.6.11.2	Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2207:2002	18
1.6.12	Control de las emisiones contaminantes.....	19
1.6.12.1	Ignición electrónica	19
1.6.12.2	Unidad de control electrónica (ECU).....	20
1.6.12.3	Sistema de Inyección de combustible	20
1.6.12.4	Sistema de evaporación de gases (EVAP).....	21
1.6.12.5	Sistema de recirculación de gases de escape (EGR).....	21
1.6.12.6	Sistema de ventilación positiva del cárter (PCV).....	22
1.6.12.7	Sonda lambda.....	23
1.6.12.8	El catalizador	23
1.6.13	El tráfico vehicular	24
1.6.13.1	Causas del tráfico vehicular.....	25
1.6.13.2	Consecuencias del tráfico vehicular.....	25
1.6.13.3	Efectos negativos del tráfico vehicular	26
1.6.14	Posibles soluciones.....	27
1.6.15	El parque automotor.....	28

CAPITULO II

2.	MARCO METODOLOGICO	32
2.1	Enfoque	32
2.2	Modalidad de investigación	32
2.3	Tipo de investigación.....	32
2.4	Población y muestra	33

2.4.1	<i>Población</i>	33
2.4.2	<i>Muestra</i>	33
2.5	Metodología para recolectar los datos	34
2.5.1	<i>Método Dinámico</i>	34
2.5.1.1	<i>Pruebas Dinámicas Estables</i>	34
2.5.1.2	<i>Pruebas Dinámicas transitorias</i>	35
2.5.1.3	<i>Prueba de medición On Board</i>	35
2.6	Instrumentos para la recolección de datos	36
2.6.1	<i>Analizador de Gases MAHA MET 6.1</i>	36
2.6.2	<i>Dispositivo ELM327</i>	36
2.6.3	<i>Convertidor de voltaje</i>	37
2.6.4	<i>Computadora portátil (Software)</i>	37
2.7	Selección de vehículos de prueba	38
2.8	Selección de ruta de prueba	39
2.9	Procedimiento de instalación de equipos	41
2.10	Procedimiento para realizar la medición	41
2.11	Factores de Emisión	42
2.11.1	<i>Factores de emisión mediante un modelo simplificado de la combustión</i>	42

CAPITULO III

3.	MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSION DE RESULTADOS	47
3.1	Resultados de los equipos utilizados	47
3.1.1	<i>Resultados promedios del Analizador de gases</i>	48
3.1.2	<i>Resultados promedios del dispositivo ELM327</i>	48
3.2	Resultados de las pruebas realizadas en Ciudad	50
3.2.1	<i>Concentración de emisiones</i>	50
3.2.2	<i>Factores de emisión</i>	53
3.2.3	<i>Consumo de combustible</i>	54
3.3	Resultados de las pruebas realizadas en Carretera	56
3.3.1	<i>Concentración de emisiones</i>	56
3.3.2	<i>Factores de emisión</i>	58
3.3.3	<i>Consumo de combustible</i>	60
3.4	Análisis comparativo de resultados en Ciudad y Carretera	62
3.4.1	<i>Factores de emisión</i>	62
3.4.2	<i>Consumo de combustible</i>	65

3.4.3	<i>Distancia y Tiempos de Viaje</i>	66
	CONCLUSIONES	68
	RECOMENDACIONES	69
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Principales Contaminantes del Aire Urbano, Fuentes y Efectos en la Salud	13
Tabla 2-1:	Límites máximos de emisiones para fuentes móviles con motor de gasolina (prueba dinámica).....	18
Tabla 3-1:	Límites máximos de emisiones para fuentes móviles con motor de diésel (prueba dinámica).....	18
Tabla 1-2:	Vehículos de prueba	39
Tabla 2-2:	Formula molecular equivalente	43
Tabla 1-3:	Resultados promedio del analizador de gases	48
Tabla 2-3:	Resultados del trayecto de prueba	49
Tabla 3-3:	Resultados de consumo de combustible	49
Tabla 4-3:	Resultados promedio de emisiones en Ciudad	50
Tabla 5-3:	Factores de emisión de los vehículos en Ciudad	53
Tabla 6-3:	Consumo de combustible de los vehículos en Ciudad.....	55
Tabla 7-3:	Resultados promedio de emisiones en Carretera	56
Tabla 8-3:	Factores de emisión de los vehículos en Carretera	59
Tabla 9-3:	Consumo de combustible de los vehículos en Carretera	61
Tabla 10-3:	Factores de emisión de los vehículos en Ciudad y Carretera	62
Tabla 11-3:	Consumo de combustible de los vehículos en Ciudad y Carretera.....	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1:	Motor de combustión interna	6
Figura 2-1:	Clasificación de los Motores de combustión interna	7
Figura 3-1:	Esquema de funcionamiento de un motor	8
Figura 4-1:	Diagrama ciclo Otto.....	10
Figura 5-1:	Diagrama ciclo Diesel.....	10
Figura 6-1:	Composición de los gases de escape.....	15
Figura 7-1:	Componentes de sistema de encendido DIS	19
Figura 8-1:	Modulo electrónico de control	20
Figura 9-1:	Sistema de Inyección Diesel	20
Figura 10-1:	Sistema de evaporación de gases	21
Figura 11-1:	Esquema del sistema EGR	22
Figura 12-1:	Esquema de funcionamiento válvula PCV.....	22
Figura 13-1:	Sensor de oxígeno	23
Figura 14-1:	Convertidor catalico.....	23
Figura 15-1:	Trafico de la hora pico en la carretera US 101-Los Ángeles	24
Figura 16-1:	Tráfico vehicular en Ambato	29
Figura 1-2:	Esquema de pruebas dinámicas.....	34
Figura 2-2:	Analizador de gases Maha MET 6.1	36
Figura 3-2:	Dispositivo ELM327.....	37
Figura 4-2:	Inversor de potencia PI-3000	37
Figura 5-2:	Visualización en pantalla de MAHA Emission Viewer.....	38
Figura 6-2:	Vehículos de prueba.....	39
Figura 7-2:	Ruta de prueba en Ciudad	40
Figura 8-2:	Ruta de prueba en Carretera.....	40

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-1:	Cifras de ventas anuales de vehículos en Ecuador 2000-2019.....	30
Gráfico 2-1:	Cifras de ventas anuales de vehículos livianos y pesados en Ecuador.....	30
Gráfico 3-1:	Participación de ventas de vehículos por provincia.....	31
Gráfico 1-3:	Concentración de emisiones de CO del vehículo Chevy taxi en Ciudad	51
Gráfico 2-3:	Concentración de emisiones de HC del vehículo Chevy taxi en Ciudad	51
Gráfico 3-3:	Concentración de emisiones de NOx del vehículo Chevytaxi en Ciudad	52
Gráfico 4-3:	Concentración de emisiones de CO, HC y NOx del vehículo Chevytaxi en Ciudad	52
Gráfico 5-3:	Factores de emisión de CO de los vehículos en Ciudad.....	53
Gráfico 6-3:	Factores de emisión de HC de los vehículos en Ciudad.....	54
Gráfico 7-3:	Factores de emisión de NOx de los vehículos en Ciudad.....	54
Gráfico 8-3:	Consumo de combustible de los vehículos en Ciudad	55
Gráfico 9-3:	Concentración de emisiones de CO del vehículo Chevytaxi en Carretera	57
Gráfico 10-3:	Concentración de emisiones de HC del vehículo Chevytaxi en Carretera	57
Gráfico 11-3:	Concentración de emisiones del vehículo Chevytaxi en Carretera	58
Gráfico 12-3:	Concentración de emisiones de CO, HC y NOx del vehículo Chevytaxi en Carretera	58
Gráfico 13-3:	Factores de emisión de CO de los vehículos en Carretera	59
Gráfico 14-3:	Factores de emisión de HC de los vehículos en Carretera	60
Gráfico 15-3:	Factores de emisión de NOx de los vehículos en Carretera	60
Gráfico 16-3:	Consumo de combustible de los vehículos en Carretera	61
Gráfico 17-3:	Comparación de factores de emisión de CO ₂ en Ciudad y Carretera	63
Gráfico 18-3:	Comparación de factores de emisión de CO en Ciudad y Carretera	63
Gráfico 19-3:	Comparación de factores de emisión de HC en Ciudad y Carretera	64
Gráfico 20-3:	Comparación de factores de emisión de NOx en Ciudad y Carretera	64
Gráfico 21-3:	Comparación de consumo de combustible de vehículos en Ciudad y Carretera.....	65
Gráfico 22-3:	Comparación de distancia recorrida en pruebas en ciudad y carretera.....	66
Gráfico 23-3:	Tiempos estacionarios y de movilidad en las pruebas en Ciudad	67
Gráfico 24-3:	Tiempos estacionarios y de movilidad en las pruebas en Carretera	67

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: Especificaciones técnicas de los equipos utilizados

ANEXO B: Especificaciones de los vehículos de prueba

ANEXO C: Normas de gestión ambiental vigentes en el Ecuador

ANEXO D: Graficas de concentración de emisiones obtenidas en las pruebas

ANEXO E: Ejemplo de cálculo de factores de emisión

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo analizar donde se produce mayor contaminación de vehículos, cuando transitan en ciudad o cuando transitan en carretera, y analizar cuál es el impacto que se produce cuando existe mayor tráfico vehicular. Para lo cual se realizaron pruebas de análisis de gases dinámico a bordo (ciclo de ruta real con tramos en ciudad y carretera) en cinco vehículos, donde se recolectó la información mediante el uso de un analizador de gases y un dispositivo de diagnóstico (ELM327). Una vez realizadas las pruebas se procedió a emparejar y sincronizar los datos recolectados de ambos dispositivos, para obtener los valores de concentración de emisiones y consumo de combustible y posteriormente con estos valores calcular los factores de emisión contaminante de CO, CO₂, HC y NO_x, mediante un método de balance de carbono, para luego comparar estos datos mediante el análisis estadístico. Dando como resultado que en las pruebas realizadas en ciudad existe mayor cantidad de emisiones de CO, CO₂ y HC. En las pruebas en carretera existe mayores emisiones de NO_x, además se obtuvo que en las pruebas realizadas en ciudad existe mayor consumo de combustible. A diferencia de las pruebas en carretera, en donde se recorrió mayores distancias con menos cantidad de combustible. Se concluyó que la mayor cantidad de emisiones de los vehículos se produce cuando transitan en ciudad, es decir cuando existe mayor tráfico vehicular. Además, se concluyó que el impacto que produce el tráfico vehicular es el aumento de emisiones contaminantes, alto consumo de combustible, pérdidas económicas y pérdidas de tiempo notables, lo que se traduce como una alta contaminación al medio ambiente y un bajo nivel de eficiencia energética. Se recomienda realizar pruebas de análisis de gases dinámico a bordo en vehículos a diésel para complementar la información obtenida.

Palabras clave: <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA> <TRÁFICO VEHICULAR> <EMISIONES CONTAMINANTES> <ANÁLISIS DE GASES> <FACTORES DE EMISIÓN>.



Firmado electrónicamente por:
**HOLGER GERMAN
RAMOS UVIDIA**

0270-DBRA-UPT-2022

2022-02-14

SUMMARY

The objective of this research was to analyze where the greatest contamination of vehicles occurs, when they travel in the city or when they travel on the Highway, and to analyze what is the impact that occurs when there is greater vehicular traffic, for which gas analysis tests were carried out. on-board dynamics (real route cycle with city and highway sections) in five vehicles, where the information was collected through the use of a gas analyzer and a diagnostic device (ELM327). Once the tests were carried out, the data collected from both devices was paired and synchronized, to obtain the values of concentration of emissions and fuel consumption and later, with these values, calculate the Pollutant Emission Factors of CO, CO₂, HC and NO_x, using a carbon balance method, to then compare these data through statistical analysis. Giving as a result that in the tests carried out in the city there is a greater amount of CO, CO₂ and HC emissions. And in the road tests there are higher NO_x emissions, it was also obtained that in the tests carried out in the city there is higher fuel consumption. Unlike the road tests, where greater distances were covered with less fuel. It was concluded that the greatest amount of emissions from vehicles occurs when they travel in the city, that is, when there is greater vehicular traffic. In addition, it was concluded that the impact produced by vehicular traffic is the increase in polluting emissions, high fuel consumption, economic losses and notable losses of time, which translates as high pollution to the environment and a low level of energy efficiency. It is recommended to carry out on-board dynamic gas analysis tests on diesel vehicles to complement the information obtained.

Keywords: <ENGINEERING TECHNOLOGY AND SCIENCES> <VEHICULAR TRAFFIC> <POLLUTANT EMISSIONS> <GASES ANALYSIS> <EMISSION FACTORS>

INTRODUCCION

En la actualidad el parque automotor es uno de los principales responsables de la degradación del medio ambiente, la contaminación del aire y el calentamiento global del planeta debido a que los motores de los vehículos funcionan con combustibles fósiles y estos al hacer combustión generan monóxido de carbono que es uno de los gases causantes del calentamiento global además es un gas toxico y dañino para la salud.

La invención del automóvil en inicios del siglo XX, fue un gran avance para la humanidad permitiendo a las personas trasladarse con menos esfuerzo y con menor tiempo hacia su destino, sin embargo desde la invención del automóvil hasta nuestro días, ha existido varias ventajas como también desventajas, siendo una de ellas la más notable la contaminación, debido a las emisiones de gases contaminantes producto de la combustión que genera el motor del vehículo, dando lugar a muchos estudios y elaboración de nuevas tecnologías para tratar de reducir la contaminación que producen, varias de aquellas tecnologías han respondido de manera positiva con la disminución de emisiones contaminantes, pero enfrentándose con un nuevo problema más aun con el incremento desmesurado de vehículos en la mayoría de países del mundo, especialmente en las grandes ciudades en donde las carreteras llegan a saturarse de vehículos en horas pico, generando un escenario de congestión vehicular lo cual genera un impacto mayor de contaminación, ocasionando daños en la salud de las personas desencadenando varias enfermedades, que terminan ocasionando la muerte de las mismas, y produciendo así un efecto negativo en el medio ambiente.

La importancia del estudio y control de la contaminación atmosférica está sustentada en la evidencia sobre su impacto negativo en la salud respiratoria y cardiovascular de las personas, así como con el deterioro de su calidad de vida.

Por lo tanto, la presente investigación se desarrolla con el fin de conocer el impacto que generan las emisiones producidas por la combustión en motores de vehículos cuando se encuentran en estado de congestión vehicular, lo cual permitirá sentar bases de investigación para futuros proyectos que se enfoquen en brindar soluciones para mejorar la calidad de aire en zonas urbanas y aportar a la disminución de contaminación ambiental.

CAPITULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1 Antecedentes

El impacto negativo en la salud de las personas, así como el deterioro de la calidad de aire en el medio ambiente, han dado importancia al estudio y control de la contaminación atmosférica, varios estudios científicos relacionan la exposición atmosférica con problemas respiratorios, alteraciones pulmonares y enfermedades cardiovasculares. Esta situación resulta prioritaria en ciudades como Bogotá, considerada como uno de los mayores centros urbanos de contaminación en Latinoamérica, en donde las entidades de salud pública documentan que la principal causa de morbilidad y mortalidad en niños menores de cinco años, son las enfermedades respiratorias.

En la actualidad la congestión vehicular representa un gran reto a resolver, debido a que el número de usuarios que necesitan trasladarse a las grandes ciudades para realizar sus actividades económicas y sociales, es cada vez mayor. El problema aumenta debido a que el transporte no es exclusivo de los usuarios ya que los productos que se comercializan también necesitan ser transportados, incrementando el número de vehículos que transitan en las ciudades, provocando serios problemas de tráfico, exceso de ruido, e incremento de contaminación y accidentes viales.

Una de las principales fuentes de contaminación atmosférica son las fuentes móviles (vehículos a diésel y gasolina), puesto que sus emisiones contribuyen sustancialmente con la contaminación atmosférica, las concentraciones de emisiones de hidrocarburos(HC), óxidos de nitrógeno (NO_x) y monóxido de carbono (CO), impactan seriamente en la salud pública, lo cual ha servido de motivación a nivel mundial que se establezcan normas que regulan el nivel contaminación vehicular, según el año de fabricación, sistema de alimentación y tipo de combustible.

Un factor clave durante las últimas décadas ha sido el aumento de conciencia ambiental para la introducción de normas que regulan de manera más estricta el control de las emisiones contaminantes y CO₂ de vehículos, la Unión Europea se ha comprometido reducir en un 60% las emisiones de gases de efecto invernadero del transporte por carretera para 2050 en comparación con los niveles de 1990, es por ello que los fabricantes de vehículos continúan incansablemente con la investigación y desarrollo de nuevas tecnologías para sistemas de propulsión eficientes basados en motores de combustión interna, como los vehículos eléctricos (EV) y los vehículos de

pila de combustible (FCEV), que pueden depender de la producción de electricidad e hidrogeno a partir de energías fuentes de energía renovables y puedan proporcionar los beneficios de cero emisiones en el tubo de escape, para hacer frente a estos desafiantes objetivos.

La obtención de factores de emisiones permite conocer la cantidad de contaminante que está siendo expulsada al medio ambiente y son la base para el desarrollo de nuevos estudios con una metodología adecuada que complementan la cuantificación del problema de contaminación atmosférica e impacto ambiental, estableciendo directrices para mejorar la calidad del aire.

1.2 Planteamiento del Problema

En el Ecuador y en el mundo el parque automotor se ha incrementado de manera desmedida y se puede notar a diario cuando decide trasladarse de un lugar a otro, observando que cada vez existe mayor congestión vehicular, presentando retrasos en el trayecto, especialmente en zonas céntricas de la ciudad, donde las vías son pequeñas y no existe una adecuada señalización para el flujo normal del tránsito de personas y vehículos, agravando la situación con el ruido, y emisión de gases contaminantes con mayor intensidad, alterando de manera notable el medio ambiente.

Aunque en los países desarrollados este tema ha tomado mayor conciencia de la población hace varios años, para generar normas drásticas que regulan el control de emisiones, en países de Latinoamérica apenas se está regulando este tema en ciudades de mayor flujo,

Es por eso que, debido a la falta de estudios técnicos y conciencia de la población, se ha visto la necesidad de realizar este trabajo que se centra en determinar el impacto que producen las emisiones contaminantes del tráfico vehicular en el medio ambiente, mediante la realización de pruebas en diferentes vehículos, determinando la cantidad de gases contaminantes en un tiempo determinado y en diferentes etapas de conducción como es en ciudad y carretera

1.2.1 Formulación del Problema de Investigación

De qué manera la recolección y análisis de datos de emisiones contaminantes de vehículos permite determinar el impacto que produce en el medio ambiente el tráfico vehicular

1.2.2 Delimitación del Problema

Objeto de estudio: Emisiones contaminantes del tráfico vehicular

Campo de acción: Contaminación/automotriz

Limite espacial: Zona urbana de la ciudad de Ambato y carretera panamericana trayecto Ambato Machachi

Delimitación temporal. Año 2020

1.3 Justificación

1.3.1 Justificación teórica

El presente trabajo se desarrolla con el propósito de determinar el impacto ambiental producido por la emisión de gases contaminantes de vehículos livianos en zona de altitud mayor a 2000 msnm lo cual permitirá sentar bases de investigación para futuros proyectos que se enfoquen en brindar soluciones para mejorar la calidad de aire en zonas urbanas y aportar a la disminución de contaminación ambiental.

1.3.2 Justificación metodológica

El análisis de gases de escape permite localizar la presencia de algunos componentes considerados como la causa de contaminación del aire. El analizador de gases MAHA MET 6.1 analiza la química de los componentes gaseosos (CO, CO₂, HC, O₂, NO_x), con cálculo de valor lambda y nos informa en que proporciones se encuentran los mismos. A través de la investigación exploratoria y los procedimientos de medición definidos para el análisis de gases dinámico, para luego seguir con el desarrollo del análisis estadístico, representaciones graficas e interpretación de resultados para llegar a las conclusiones, analizando las emisiones contaminantes y el impacto en el medio ambiente.

1.3.3 Justificación practica

Esta investigación se realiza mediante las pruebas de medición de gases contaminantes, con esto se obtendrá información acertada de los niveles de gases contaminantes emitidos a la atmosfera, dichos resultados serán analizados para determinar cuáles son los gases de mayor incidencia en ciudad y carretera que generan un gran impacto al medio ambiente, por otra parte se puede tomar alternativas para generar un correcto control de las emisiones, para mejorar la calidad de aire y disminuir la contaminación.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Determinar cuál es la influencia que tiene el tráfico vehicular en las emisiones contaminantes para determinar los efectos que producen en el medio ambiente, mediante el análisis de gases dinámico a bordo en ciudad y carretera.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Realizar la medición de gases de escape en cuatro vehículos con motor a gasolina y uno con motor a diésel, mediante el uso de un analizador de gases homologado.
- Utilizar un dispositivo de diagnóstico rápido para obtener los datos de parámetros de funcionamiento real de los vehículos.
- Determinar los niveles de concentración de emisiones que se generan en los vehículos cuando transitan en ciudad y carretera.
- Estudiar los efectos que producen las emisiones contaminantes de vehículos cuando se encuentran en congestión vehicular.
- Analizar los resultados obtenidos de las emisiones contaminantes de cada prueba, tanto en ciudad como en carretera, para determinar el impacto de la congestión vehicular en el medio ambiente.

1.5 Hipótesis

El incremento desmedido del parque automotor está asociado directamente con la contaminación atmosférica, causado por las altas emisiones de gases contaminantes cuando se presentan eventos de tráfico vehicular.

1.6 Marco Teórico

1.6.1 *El motor de combustión interna*

El motor de combustión interna es una máquina que transforma la energía química de un combustible en energía mecánica, dicho nombre se da debido a que la combustión se produce en el interior de la maquina en donde la mezcla de aire y combustible producen una explosión, dando tracción a las ruedas para el avance del vehículo a través del sistema de transmisión

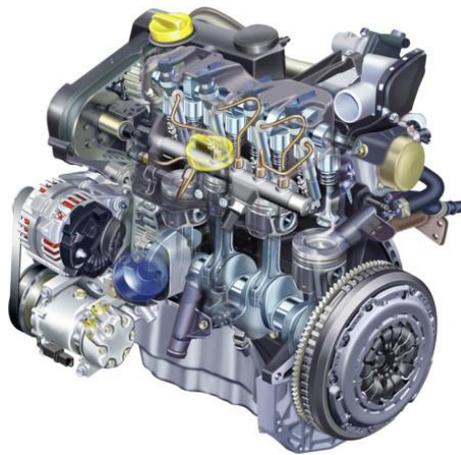


Figura 1-1: Motor de combustión interna

Fuente: (motorpasión, 2016)

1.6.2 *Clasificación del motor de combustión interna*

El motor de combustión interna se clasifica de diferentes maneras:

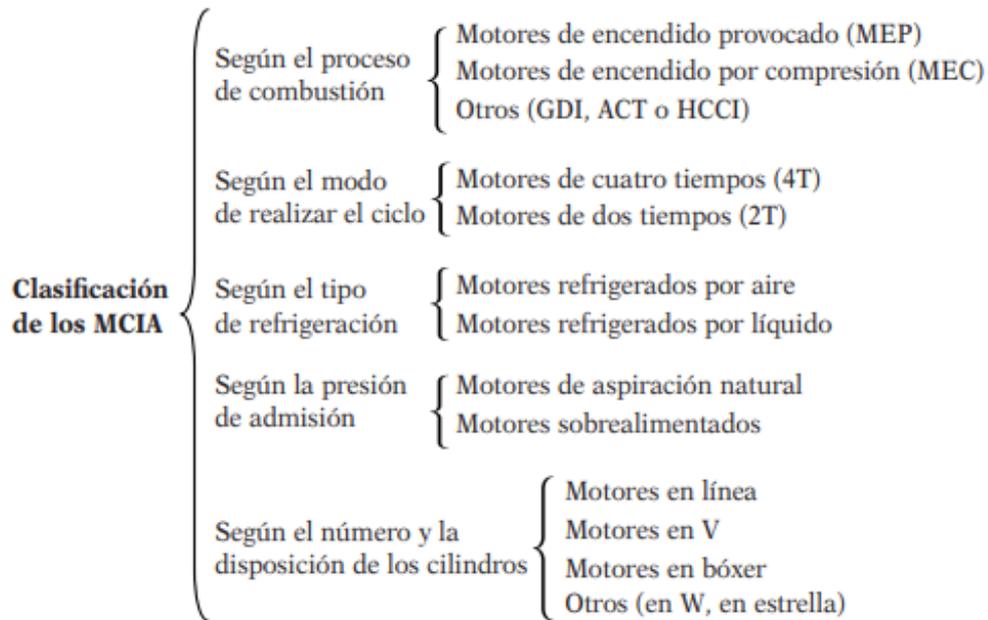


Figura 2-1: Clasificación de los Motores de combustión interna

Fuente: (Rovira & Muñoz, 2015)

La clasificación más importante se basa en el tipo de combustible que emplean para la reacción de combustión, los cuales son:

El motor a gasolina conocido también como motor Otto en honor a su creador Nikolaus August Otto, es aquel que funciona con una base termodinámica encargada de transformar la energía química producida por combustión de la mezcla aire y combustible, en energía mecánica, para que a través de la transmisión el vehículo pueda desplazarse de un lugar a otro (Granell, 2015).

El motor Diesel, llamado así por su inventor Rudolf Diesel, emplea como combustible gasoil (conocido mayormente como Diesel), este tipo de motor emplea compresión para el encendido y son empleados principalmente en medios de transporte que tienen mayor carga de trabajo y requieren mayor potencia, como vehículos de carga, maquinaria pesada, vehículos industriales, medios aeronáuticos, etc., aunque en la actualidad la producción se ha extendido hacia medios de transporte particulares (Granell, 2015).

1.6.3 Funcionamiento del motor de 4 tiempos

En la mayoría de los vehículos el motor de combustión interna más utilizado es el motor de cuatro tiempos, que fue una revolución en el mundo del motor desde que se lo ideó por Alphonse Beau

de Rochas y más tarde mejorado por Nikolaus August Otto, luego de ello pasando por muchos cambios hasta el día de hoy, para obtener un mejor rendimiento (Martinez, 2007, pág. 17).

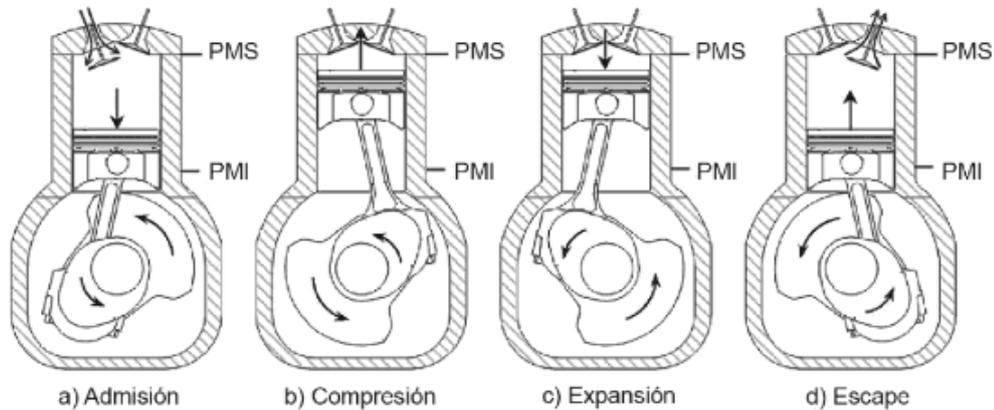


Figura 3-1: Esquema de funcionamiento de un motor

Fuente: (Rovira & Muñoz, 2015)

A continuación, se explica el ciclo de funcionamiento del motor de 4 tiempos (Martinez, 2007, pág. 19).

1er tiempo, Admisión: El pistón se encuentra en el punto más alto (PMS) la válvula de admisión se abre, y el pistón baja aspirando la mezcla aire/combustible hasta llegar al punto más bajo del cilindro (PMI)

2do tiempo, Compresión: Después del primer ciclo, el pistón se encuentra en el punto más bajo (PMI), en este momento la válvula de admisión se cierra y el pistón empieza a subir comprimiendo la mezcla hasta llegar al punto más alto (PMS)

3er tiempo, Explosión: Una vez que el pistón llega al punto más alto (PMS) comprimiendo la mezcla, se produce la combustión de la misma originado por la chispa de una bujía en los motores a gasolina y por alta presión en los motores a diésel, empujando el pistón hacia el PMI, es aquí donde se realiza el trabajo útil.

4to tiempo, Escape: Cuando el pistón llega al (PMI) la válvula de escape se abre y el pistón sube empujando los gases quemados producidos en la explosión hacia el exterior.

La máquina térmica más eficiente resulta ser el motor Diesel, consiguiendo un alto rendimiento al ingresar aire, en donde la carrera de compresión puede ser más eficaz comprimiendo sin problemas de detonación y realizando mayor trabajo. En otro aspecto la velocidad está muy limitada, puesto que para que se encienda la mezcla hace falta un volumen de aire mínimo.

1.6.4 Principio Termodinámico

El motor tiene la finalidad de realizar un trabajo eficaz, y en los motores de combustión interna el trabajo se consigue gracias a una explosión, dado que todo combustible posee una energía interna que se la puede transformar en trabajo, entonces, en los motores de combustión interna, para que el motor realice un trabajo se utiliza la energía interna del combustible (Martinez, 2007, pág. 12).

Esta energía interna del combustible se manifiesta con una explosión generada por el aumento de presión y temperatura dentro del cilindro, haciendo desplazar un pistón que es lo que nos brindara un trabajo.

1.6.5 Ciclo Teórico del Motor de combustión interna

Como ya se mencionó anteriormente para que ocurra una explosión debe existir un combustible mezclado con aire para que pueda reaccionar y explotar.

1.6.5.1 Ciclo Otto Teórico

El ciclo Otto es un ciclo cerrado, consta de 4 etapas: admisión, compresión, expansión y escape.

El flujo del fluido en su interior es el siguiente: En la carrera descendente del pistón, aspira un volumen de mezcla aire-combustible, que ingresa en el cilindro, cuando el pistón sube la mezcla se comprime y cuando alcanza el punto más alto se enciende y se quema a volumen constante (teórico), para luego producir una expansión (carrera útil) en donde se expanden los gases quemados aportando trabajo en su transcurso, luego en la carrera ascendente se expulsan los gases de la combustión y el ciclo se inicia nuevamente (Moreno, 2005, pág. 17).

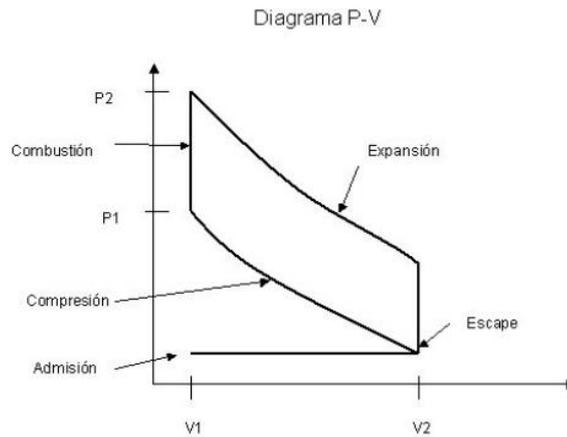


Figura 4-1: Diagrama ciclo Otto

Fuente: (Moreno, 2005)

1.6.5.2 Ciclo Diesel Teórico

En la carrera descendente del pistón, aspira un volumen de aire, que ingresa en el cilindro, cuando el pistón sube el aire se comprime y cuando alcanza el punto muerto superior se encuentra a alta temperatura, es aquí donde se inyecta una cierta cantidad de combustible líquido finamente pulverizado, que a medida que ingresa, se enciende y produce una combustión a presión constante (teórico), para luego expandirse (carrera útil), el cual en su transcurso entrega la mayor parte del trabajo, finalmente en la carrera ascendente se expulsan los gases de la combustión y el ciclo se inicia nuevamente al igual que en el ciclo Otto (Moreno, 2005, pág. 22).

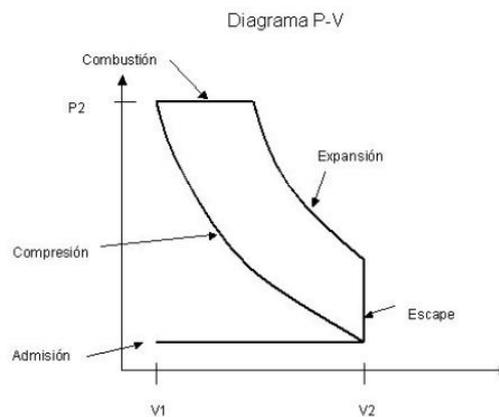


Figura 5-1: Diagrama ciclo Diesel

Fuente: (Moreno, 2005)

1.6.6 La combustión

El proceso de combustión en los MCIAs es el proceso en el que se le proporciona el estado térmico al fluido de trabajo, los procesos de combustión más habituales son, la combustión normal en los MEP y en los MEC (Rovira & Muñoz, 2015).

La combustión normal en los MEP consiste en una deflagración de una premezcla homogénea de aire y combustible en estado gaseoso que se inicia por medio de un agente externo, en lo que se denomina ignición o encendido que se consigue normalmente mediante una chispa eléctrica. Por otro lado, la combustión normal de los MEC es una combustión que se inicia mediante la autoinflamación de parte del combustible, prácticamente recién inyectado y vaporizado, y prosigue con una combustión por difusión en la que el combustible se quema conforme se continúa inyectando en la cámara de combustión.

El aire está compuesto fundamentalmente de nitrógeno molecular (N_2), oxígeno molecular (O_2), vapor de agua (H_2O), dióxido de carbono (CO_2) y argón (Ar). La cantidad exacta de cada uno de estos componentes en el aire cambia según las condiciones meteorológicas y la situación geográfica (Urbina, 2016, pág. 5).

1.6.7 Clasificación de los procesos de combustión

(Urbina, 2016) señala que los procesos de combustión se clasifican en: completo, incompleto, estequiométrica o teórica, pobre y rica.

1.6.7.1 Combustión completa

Existe una combustión completa cuando se produce una oxidación total de todos los componentes del combustible.

1.6.7.2 Combustión incompleta

Se comprende cuando el combustible no se oxida en su totalidad y los productos de la combustión incompleta cambian en función de la cantidad de oxígeno existente, formándose sustancias como el CO .

1.6.7.3 Combustión estequiométrica o teórica

La combustión estequiométrica resulta de la relación cuantitativa entre las reactantes (oxígeno y combustible) y los productos de la combustión.

1.6.7.4 Combustión pobre

Es la reacción que se produce con una mínima cantidad de combustible, es decir que existe una cantidad superior de aire en comparación con la cantidad de combustible necesaria para la combustión, al utilizar una mayor cantidad de aire, la combustión no produce sustancias combustibles en los gases de reacción, por lo tanto, es común la presencia de oxígeno en los mismos.

1.6.7.5 Combustión rica

Es la reacción generada con una mayor cantidad de combustible, existe una cantidad de aire inferior al mínimo necesario para la combustión, se caracteriza por la presencia de sustancias combustibles en los gases de reacción.

1.6.8 La contaminación

Se define a la introducción de agentes contaminantes a un medio natural provocando en este un cambio adverso que por lo general es producido como consecuencia de las actividades humanas y que se ha considerado como una forma de impacto ambiental.

En la actualidad el mundo atraviesa cambios climáticos severos que afectan el ecosistema, como el aumento de temperatura global, inundaciones, incendios naturales, sequías entre otros.

El uso de combustibles fósiles, como el petróleo, carbón y gas utilizados en la generación de energía para la actividad industrial y comercial son uno de los determinantes de los problemas ambientales, por lo que son considerados como los principales responsables del deterioro ambiental por la elevada cantidad de gases de efecto invernadero que emiten hacia la atmósfera provocando el calentamiento global, dejando millones de afectados, generando impactos negativos en los seres vivos y acarreando grandes pérdidas económicas (Rentería, Toledo, Bravo, & Ochoa, 2016).

En los países industrializados se estima que el 20 % de la incidencia total de enfermedades pueden atribuirse a factores medioambientales. En Europa un gran porcentaje de muertes en edad infantil se atribuye a la contaminación.

Las enfermedades respiratorias, cardiovasculares, el asma y las alergias están asociadas con la contaminación del aire urbano. La relación entre la contaminación atmosférica y la salud pública es cada día más conocida. El asma y las alergias han aumentado durante las últimas décadas en toda Europa, aproximadamente un 10 % de la población infantil padece alguna de estas

enfermedades: Los agentes ambientales implicados son los óxidos de nitrógeno y azufre, las partículas en suspensión, ozono, metales, compuestos orgánicos volátiles (COV) y los hidrocarburos (Vargas, 2005, pág. 117).

(Palacios & Espinoza, 2014) Mencionan que los contaminantes exteriores que afectan la calidad del aire y que han sido reconocidos por su potencial efecto negativo sobre la salud son seis: Ozono (O₃), Dióxido de Azufre (SO₂), Dióxido de Nitrógeno (NO₂), Monóxido de Carbono (CO), Material Particulado menor a 10 micras (PM₁₀) y Material Particulado menor a 2,5 micras (PM_{2,5}). Estos resultan de diversas fuentes y sus efectos se pueden evidenciar en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.-1.**

Tabla 1-1: Principales Contaminantes del Aire Urbano, Fuentes y Efectos en la Salud

CONTAMINANTE	FUENTE PRINCIPAL	EFFECTOS EN LA SALUD
Ozono O ₃	Emisiones de automóviles. Reacciones fotoquímicas de óxidos de nitrógeno.	Inflamación de las vías aéreas y disminución en la función respiratoria, bronquitis y crisis de asma. Irritación ocular, sequedad en la garganta, cefalea.
Óxidos de Azufre SO ₂	Plantas termoeléctricas, calderas industriales, fundiciones de cobre, refinерías de petróleo, automóviles, calentadores residenciales y comerciales, combustión de carbón y otros combustibles fósiles como la gasolina	Irrita principalmente las vías respiratorias superiores. Durante el ejercicio moderado puede producir bronco constricción
Óxidos de Nitrógeno NO ₂	Las fuentes interiores de NO ₂ pueden ser: estufas de gas en mal funcionamiento, calderas, chimeneas y calentadores de queroseno portátiles. Exterior: por combustión a excesivas temperaturas, debido a la reacción del oxígeno del aire y el	Cambios en el bronquiolo terminal y lesiones alveolares difusas. Mayor incidencia de asma.

		nitrógeno presente en los combustibles.	
Monóxido de Carbono CO		Motores de explosión. Hornos y calentadores domésticos.	Intoxicación aguda: cefalea, problemas respiratorios, asfixia, muerte. Crónica: cefalea, síntomas respiratorios.
Partículas finas menos de 2,5 ug PM2,5		Combustión industrial y residencial, emisiones vehiculares, incendios de vegetación y reacciones de gases en la atmósfera (SO ₂ y NO _x) y compuestos orgánicos volátiles.	Penetran más profundamente en las vías respiratorias que la PM ₁₀ , con lo que causa efectos adversos en la salud más graves: asma
Partículas finas menos de 10 micras PM10		Fijas: construcciones, móviles: automotores.	Agravamiento síntomas de asma. Crisis de asma y enfermedad respiratoria aguda. La medición de PM ₁₀ es el indicador más sensible que se relaciona con procesos respiratorios.

Fuente: (Palacios & Espinoza, 2014)

Realizado por: Autor

1.6.9 Emisiones contaminantes

La mayor fuente de emisiones contaminantes procede de la combustión de carbón y derivados de petróleo. El motor de combustión interna emana gases contaminantes que no son quemados totalmente en la combustión y son emitidos a la atmósfera favoreciendo el efecto invernadero y el calentamiento global.

Los gases que son expulsados por el tubo de escape de los vehículos están compuestos de varios elementos.

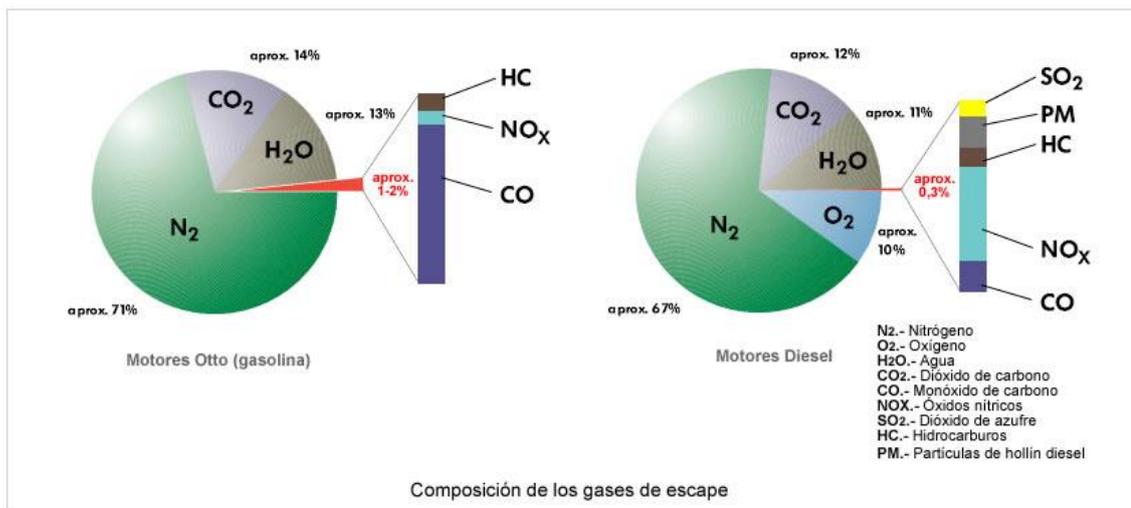


Figura 6-1: Composición de los gases de escape

Fuente: (Gabriel, 2018)

1.6.10 Clasificación de emisiones contaminantes

(Urbina, 2016, págs. 10-11) Señala que los vehículos emiten tres contaminantes principales que son: monóxido de carbono, hidrocarburos y óxidos de nitrógeno, la emisión de gases generados por la combustión de un motor se clasifica principalmente en:

Inofensivos

Tóxicos

1.6.10.1 Emisiones contaminantes inofensivas

Nitrógeno (N₂)

Conjuntamente con el aire, el nitrógeno es un gas inerte indispensable para el proceso de combustión, en donde se oxida formando óxidos de nitrógeno (NO_x)

Oxígeno (O₂)

Se encuentra presente en el aire y es el gas fundamental para generar la combustión.

Agua (H₂O)

Es un componente inofensivo expulsado por el tubo de escape cuando se produce la combustión inicial, es decir en el calentamiento del motor

Dióxido de carbono (CO₂)

Es un gas incoloro inofensivo para la salud que se genera al momento después de una combustión eficiente al quemar combustibles que contienen carbono combinados con el oxígeno, no es un contaminante ya que forma parte de la atmosfera

1.6.10.2 Emisiones contaminantes toxicas

Monóxido de carbono (CO)

Es un gas incoloro, inodoro, explosivo y altamente toxico para la salud, debido a que inhibe la absorción de oxígeno por los glóbulos rojos en el torrente sanguíneo, generando asfixia, y afectando las funciones cerebrales y la visión. resulta del producto de una combustión incompleta. La cantidad de este elemento aumenta con mezclas ricas (factor lambda menos a 1), debido a insuficiente cantidad de oxígeno para completar la combustión. La cantidad de CO disminuye con mezclas pobres (lambda mayor a 1), cuando existe suficiente cantidad de oxígeno para completar la combustión.

Óxidos de Nitrógeno (NO_x)

Es el conjunto de óxido nitroso (NO) y óxido nítrico (NO₂) que se producen cuando existe altas presiones y temperaturas en la combustión, En los motores se produce fundamentalmente NO, aunque tiende a reaccionar para formar NO₂. Estos elementos conjuntamente contribuyen a la formación de ozono y lluvia acida, además de afectar la calidad de agua.

El óxido nitroso (NO) es un gas incoloro e inodoro, con efectos sobre la salud muy parecidos a los del CO, es menos probable de respirar puesto que se emite en pequeñas concentraciones, transformándose rápidamente en NO₂. Por otra parte, el NO₂ es un gas irritante para la salud y precursor de la formación de ozono (O₃) (Rovira & Muñoz, 2015).

Hidrocarburos (HC)

Los hidrocarburos son producto de una combustión incompleta, son residuos no combustionados del combustible emitidos en estado sólido, liquido o gaseoso. La concentración de hidrocarburos se reduce a valores mínimos con mezclas pobres (lambda mayor a 1), con mezclas ricas (lambda menor a 1) no es posible quemar los hidrocarburos por falta de oxígeno. Este elemento al reaccionar con los NO_x por acción de la luz solar y a elevadas temperaturas, contribuye a la formación de ozono a nivel del suelo, causando irritación en los ojos, insuficiencia respiratoria y trastornos pulmonares permanentes.

(Rovira & Muñoz, 2015, pág. 118) Menciona que los motores MEP se caracterizan por:

Emisiones de NO_x, generados por las altas temperaturas y presiones en la combustión
Emisiones de CO que por cinética química no termina de oxidarse para convertirse en CO₂
Emisiones de hidrocarburos HC producto de unas combustiones incompletas

Por otra parte, los MEC se caracterizan por:

Emitir una gran cantidad de partículas, debido la combustión por difusión y Emisiones de NO_x provocado por las altas temperaturas y presiones con que trabajan este tipo de motores.

Los motores de encendido por compresión MEC emiten menos cantidad de CO debido al exceso de aire y menos cantidad de hidrocarburos puesto que el combustible se quema al ingresar a la cámara de combustión, por lo que resulta difícil la presencia de residuos no combustionados.

1.6.11 Límites de emisiones permitidos en Ecuador

En Ecuador se ha establecido la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2204:2002 para fuentes móviles terrestres de gasolina y la norma NTE INEN 2207:2002 para fuentes móviles terrestres de diésel.

1.6.11.1 Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2204:2002

Esta norma tiene como objetivo establecer los límites permitidos de emisiones contaminantes producidas por fuentes móviles terrestres (vehículos automotores) de gasolina y se aplica a las fuentes móviles terrestres de más de tres ruedas o a sus motores.

(NTE INEN 2204:2002, 2012) Establece para la prueba dinámica que toda fuente móvil de gasolina que se importe o ensamble en el país no puede emitir al aire monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC), óxidos de nitrógeno (NO_x) y emisiones evaporativas en cantidades superiores a las indicadas en la **Tabla 2-1**.

Tabla 2-1: Límites máximos de emisiones para fuentes móviles con motor de gasolina (prueba dinámica)

Categoría	Peso bruto del vehículo kg	Peso del vehículo cargado kg	CO g/km	HC g/km	Nox g/km	CICLOS DE PRUEBA
Vehículos Livianos			2,1	0,25	0,62	FTP-75
Vehículos Medianos	≤ 3860	≤ 1700	6,2	0,5	0,75	
		1700 - 3860	6,2	0,5	1,1	
Vehículos Pesados	> 3860		14,4	1,1	5	Trasiente pesado
	≤ 6350					
	> 6350		37,1	1,9	5	

Fuente: (NTE INEN 2204:2002, 2012)

Realizado por: Autor

1.6.11.2 Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2207:2002

Esta norma tiene como objetivo establecer los límites permitidos de emisiones contaminantes producidas por fuentes móviles terrestres (vehículos automotores) de diésel y se aplica a las fuentes móviles terrestres de más de tres ruedas o a sus motores.

(NTE INEN 2207:2002, 2012) Establece para la prueba dinámica que toda fuente móvil de diésel que se importe o ensamble en el país no puede emitir al aire monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC), óxidos de nitrógeno (NOx) y partículas en cantidades superiores a las indicadas en la **Tabla 3-1**.

Tabla 3-1: Límites máximos de emisiones para fuentes móviles con motor de diésel (prueba dinámica)

Categoría	Peso bruto del vehículo kg	Peso del vehículo cargado kg	CO g/km	HC g/km	Nox g/km	Partículas g/km	CICLOS DE PRUEBA
Vehículos Livianos	Todos	Todos	2,1	0,25	0,62	0,12	FTP-75

Vehículos Medianos	≤ 3860	≤ 1700	6,2	0,5	0,75	0,16	
		> 1700 ≤ 3860	6,2	0,5	1,1	0,28	
Vehículos Pesados	> 3860	Todos	15,5	1,3	5	0,1	Trasiente pesado

Fuente: (NTE INEN 2207:2002, 2012)

Realizador por: Autor

1.6.12 Control de las emisiones contaminantes

Con el pasar de los años y el avance de la tecnología se ha evidenciado grandes avances en los vehículos, conjuntamente con las leyes drásticas especialmente en Europa y Estados Unidos, han obligado a las empresas a diseñar y elaborar nuevas propuestas tecnológicas disminuir la cantidad de emisiones contaminantes y que sean amigables con el medio ambiente, esto debido a al impacto negativo que se ha visto en los últimos años, es así que en la actualidad existen varios sistemas en el vehículo que ayudan a controlar y reducir las emisiones contaminantes producto de la combustión.

1.6.12.1 Ignición electrónica

Es un sistema de encendido para motores a gasolina de 2T y 4T que como su nombre lo indica es netamente electrónico, es decir que no utiliza medios mecánicos para provocar la chispa de la bujía para la combustión, como lo era en sistemas anteriores en donde los motores necesitaban un distribuidor para distribuir la corriente, a diferencia de estos sistemas en donde se tiene una conexión directa de la bobina hacia las bujías.

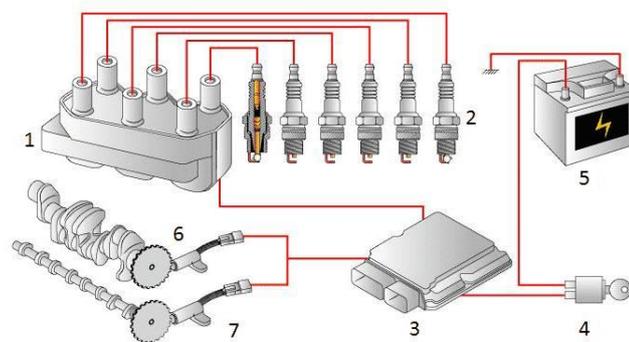


Figura 7-1: Componentes de sistema de encendido DIS

Fuente: (MundoMotor, s.f.)

1.6.12.2 Unidad de control electrónica (ECU)

Este elemento se encarga de recibir información de los diferentes sensores del vehículo para controlar los distintos parámetros de funcionamiento del motor como por ejemplo la cantidad de aire y combustible que ingresan a la cámara para la combustión



Figura 8-1: Modulo electrónico de control

Fuente: (Talleres y repuestos.com, s.f.)

1.6.12.3 Sistema de Inyección de combustible

Se caracteriza por dosificar de manera exacta el combustible necesario para la combustión, para lograr una mejor eficiencia y rendimiento del motor y manteniendo los límites adecuados de los niveles de gases de escape, Aprovechando de mejor manera el combustible, y teniendo un arranque más rápido.

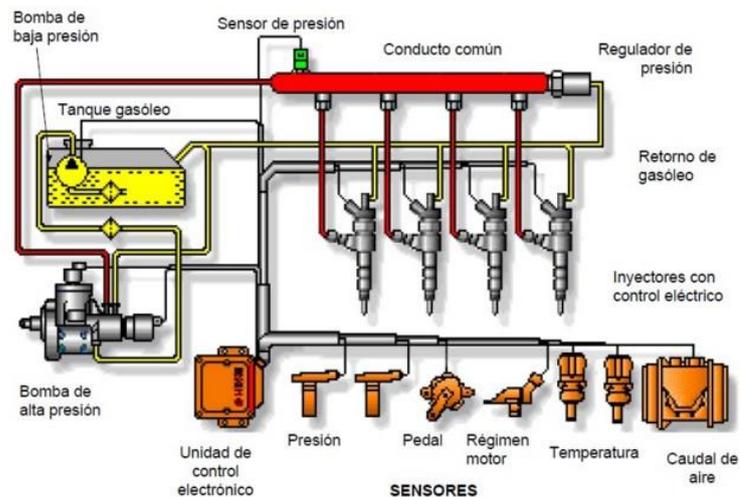


Figura 9-1: Sistema de Inyección Diesel

Fuente: (Mundoautomotriz.tech, s.f.)

1.6.12.4 Sistema de evaporación de gases (EVAP)

Este sistema se utiliza con el fin de evitar el escape de vapores del tanque de gasolina y del sistema de combustible hacia la atmosfera, esto debido a que los vapores de gasolina contienen hidrocarburos que se evaporan fácilmente en especial en climas cálidos. Los gases generados en el tanque se almacenan en un depósito de carbón activo (Cánister) y cuando el motor entra en funcionamiento son enviados al múltiple de admisión mediante una válvula de purga.

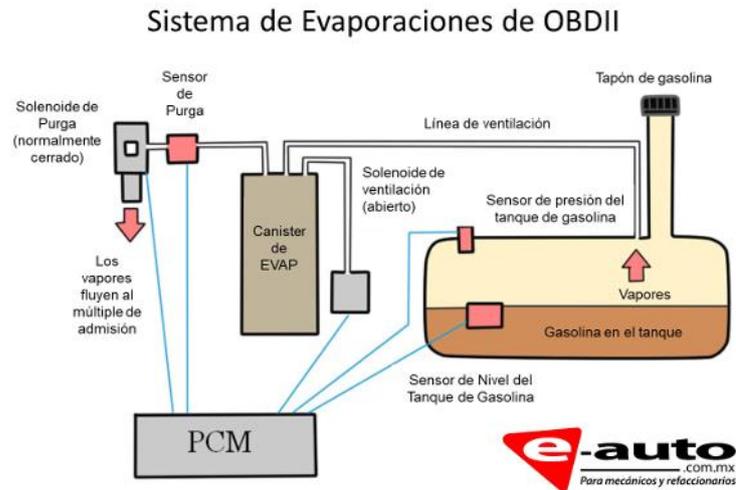


Figura 10-1: Sistema de evaporación de gases

Fuente: (e-auto, s.f.)

1.6.12.5 Sistema de recirculación de gases de escape (EGR)

Este sistema tiene el propósito de controlar y reducir la emisión de gases contaminantes específicamente los NOx, debido a que los motores no son capaces de quemar el combustible en su totalidad debido a la forma de funcionamiento, a través de una válvula de recirculación de gases EGR recoge los gases del colector de escape hacia el colector de admisión para que vuelvan a ser quemados en la cámara de combustión.

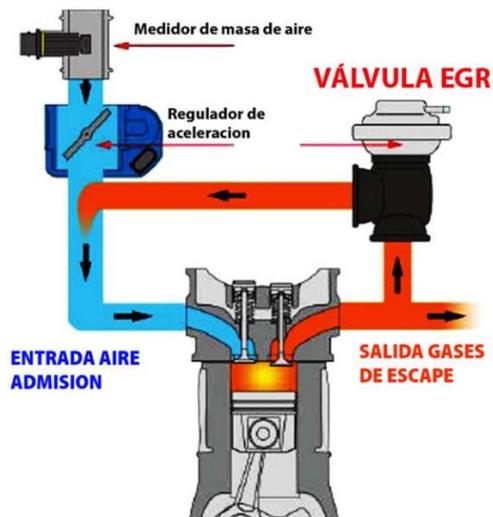


Figura 11-1: Esquema del sistema EGR

Fuente: (Mateos, 2020)

1.6.12.6 Sistema de ventilación positiva del cárter (PCV)

A través de una válvula PCV que permite el flujo en un solo sentido, este sistema permite extraer los vapores de aceite e hidrocarburos acumulados en el cárter y enviarlos hacia el múltiple de admisión para que sean quemados en la combustión, disminuyendo la presión en el interior del motor y minimizando la emisión de gases contaminantes al ambiente.

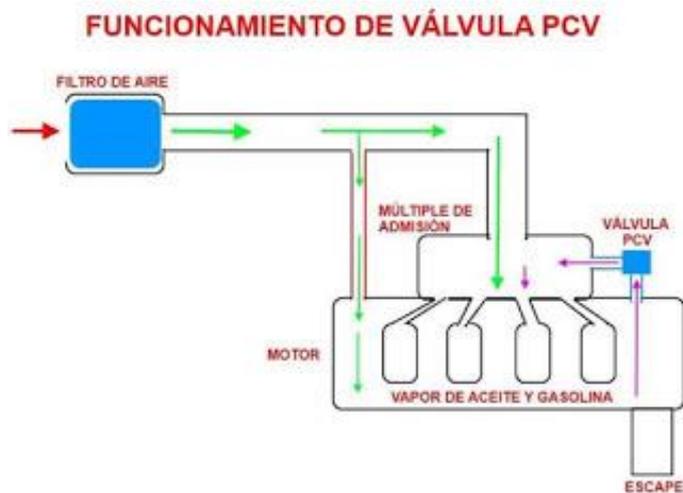


Figura 12-1: Esquema de funcionamiento válvula PCV

Fuente: (Manuales de mecánica automotriz, 2019)

1.6.12.7 Sonda lambda

Conocido mayormente como sensor de oxígeno, este elemento tiene la finalidad de censar los gases emitidos por el motor producto de la combustión, específicamente la cantidad de oxígeno que se encuentra presente en ellos, enviando constantemente información a la unidad de control electrónica (ECU) para que este ajuste la mezcla aire/combustible en función de las circunstancias de funcionamiento del motor, se encuentra ubicada en el sistema de escape del vehículo.



Figura 13-1: Sensor de oxígeno

Fuente: (Transporte.mx, 2019)

1.6.12.8 El catalizador

Este elemento tiene la finalidad de convertir los gases contaminantes mediante reacción química, en gases inertes para contribuir con la reducción de emisiones contaminantes. Gracias a las altas temperaturas con que salen los gases de escape para el funcionamiento correcto del catalizador.

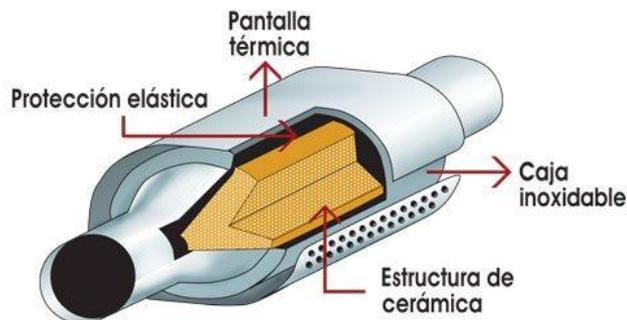


Figura 14-1: Convertidor catalítico

Fuente: (MundoChery.com, 2017)

Además de los sistemas nombrados, existen otras estrategias de diseño y funcionamiento para reducir las emisiones contaminantes, como por ejemplo optimizando la cámara de combustión, haciéndola que sea más compacta, con la inyección multipunto, inyección directa y la sobrealimentación que contribuyen a reducir la emisión de hidrocarburos.

1.6.13 El tráfico vehicular

El tráfico vehicular es un fenómeno, como consecuencia de múltiples factores como el incremento desmedido del parque vehicular, malas condiciones de la infraestructura vial, mala sincronización de los semáforos, falta de ciclos de ruta, la manera de conducir el vehículo, características del transporte urbano, problemas en gestión pública del transporte e incumplimiento de las leyes de tránsito.

La definición tráfico está muy relacionada con la congestión vehicular es decir elevado flujo vehicular en una zona específica de la ciudad, y por otro lado la definición de tránsito se entiende cuando un vehículo o persona circula en las calles.

El transporte puede generar diversos impactos ambientales adversos, tales como congestión vehicular, contaminación del aire, ruido e invasión de la tranquilidad en ciertas áreas, la congestión vehicular se produce cuando el transporte demanda de mayor espacio que el disponible en las carreteras, comúnmente en horas pico, generando pérdidas de tiempo, consumo excesivo de combustible e incrementando el riesgo de accidentes (Tobar, 2018).



Figura 15-1: Trafico de la hora pico en la carretera US 101-Los Ángeles

Fuente: (Richard, 2019)

1.6.13.1 Causas del tráfico vehicular

Como se conoce, en la actualidad existen varios problemas de tráfico, que se evidencian en la mayoría de ciudades del mundo, conducir en América latina es acostumbrarse a quedar atrapado en el tráfico y ser envuelto por nubes de gases de escape, y día a día en el medio en que vivimos aumenta el congestionamiento vial, perjudicando la calidad de vida de la población.

La congestión vehicular se genera cuando el volumen de vehículos o de la distribución de transporte demanda de mayor espacio al existente en las carreteras, reduciendo la capacidad de una carretera en un punto o periodo determinado. En muchas ciudades altamente pobladas la congestión vehicular es recurrente, atribuyendo a la gran demanda del tráfico, incidentes de tránsito, obras viales y eventos climáticos como también la velocidad y el flujo que afectan la capacidad de la red, resultando muy complejo predecir en qué condiciones se produce un atasco, pues puede ocurrir de repente (Machaca, 2016, págs. 25-26).

En América latina el creciente aumento del parque automotor, está vinculado a diversos factores de la vida cotidiana, gracias al enorme deseo de usar un vehículo, sea por comodidad, necesidad, o simplemente mejorar el estatus social.

El mejoramiento de ingresos de las personas, aumento de créditos financieros, ineficiencia del transporte público, la disminución de costos en la industria automotriz permitiendo ofrecer bajos precios a los compradores y el aumento de oferta de vehículos usados han generado mayor facilidad de obtener un vehículo a los ciudadanos, y por ende generando el aumento desmedido de la cantidad de vehículos existentes (Vázquez , Amoroso, Huerta, & Gonzáles, 2011)

1.6.13.2 Consecuencias del tráfico vehicular

El tráfico vehicular genera un sinnúmero de consecuencias tanto económicas como sociales, entre las principales se encuentran:

Contaminación ambiental.

Saturación de vías debido al exceso de demanda.

Incremento de tiempos de viaje y atascamientos.

Consumo excesivo de combustible.

Frustración de los automovilistas a causa de pérdidas de tiempo.

Estrés y problemas de salud.

Accidentes de tránsito.

Violencia vial.

Oportunidad de delincuencia.

Incremento del costo de vida.

1.6.13.3 Efectos negativos del tráfico vehicular

(Machaca, 2016, págs. 26-27) menciona en su investigación una serie de efectos negativos de los cuales podemos mencionar los siguientes:

El principal efecto negativo es el aumento la contaminación del aire y la emisión de gases nocivos para salud que contribuyen al calentamiento global, debido al aumento de ralentización, aceleración y frenado. Aumentando el consumo de combustible.

Pérdidas de tiempo de los conductores y pasajeros, generando una actividad no productiva para la población, generando una incapacidad para predecir con exactitud el tiempo de viaje, llevando a los conductores a tomar más tiempo para viajar y menos tiempo en actividades productivas.

Retrasos en el arribo hacia el destino de viaje, lo cual puede resultar en atrasos de hora de llegada para el empleo, las reuniones, y la educación, lo que al final resulta en pérdida de negocio, medidas disciplinarias u otras pérdidas personales. implicando muchas veces pérdida de horas de sueño para poder llegar a tiempo, lo que puede repercutir negativamente en la salud física y/o mental de las personas.

El desgaste de los vehículos como consecuencia de la ralentización en el tráfico y la frecuencia de aceleración y frenado, disminuyen la vida útil del vehículo, haciendo que se produzca con mayor frecuencia reparaciones y reemplazos de autopartes.

Conductores frustrados, a causa de la impotencia en poder avanzar con rapidez hacia su destino, aumentando la ira en la carretera, generando estrés y complicación de la salud de los automovilistas.

El bloqueo de vías también puede interferir en una emergencia, obstruyendo el paso de los vehículos de emergencia que transitan con alta velocidad para socorrer un evento de riesgo.

Aunque en un incidente de alto tráfico los vehículos circulan a bajas velocidades pueden ocurrir accidentes, a causa de los conductores que pierden la calma y tratan de tomar vías alternativas para conseguir salir del embotellamiento.

En el Ecuador este problema no ha pasado desapercibido.

(El COMERCIO, 2019) en una publicación indica que la ciudad de Quito y Guayaquil se encuentran entre las treinta ciudades más congestionadas del mundo, Quito ocupa el vigésimo sexto lugar y Guayaquil ocupa el vigésimo primer lugar en un ranking de las ciudades que presentan más problemas de congestión vehicular y que además se encuentra en el duodécimo lugar entre las ciudades de América, esto fue realizado en base a condiciones de tránsito de 200 ciudades de 38 países, mostrando a Moscú en el primer lugar de la lista. Los datos han revelado que en la capital del Ecuador se pierden 173 horas en atascos al año y en la ciudad de Guayaquil 167 horas. Obligando a tomar medidas para mitigar la congestión, como por ejemplo la aplicación del pico y placa que han aportado de forma significativa sacando entre el 20 y 30% de vehículos de las vías en horas pico, además de realizar trabajos viales como intercambiadores, prolongación y rehabilitación de avenidas con el fin de disminuir la congestión vehicular.

1.6.14 Posibles soluciones

Luego de percibir los problemas de tráfico vehicular, los gobiernos han implementado diversas opciones y estrategias con el objetivo de reducir la congestión, y mejorar la fluidez de vehículos en zonas de mayor preocupación.

Algunas de las medidas que han optado son las siguientes:

Pico y placa restringe el uso se realiza con el fin de disminuir la congestión vehicular en ciertas zonas que se presenta en horas pico donde las vías se saturan, a causa de las vías que no están diseñadas para una elevada cantidad de vehículos.

Mantenimiento y reparación de la red vial durante la noche.

Se realiza con el fin de tener todas las vías en excelente estado para la fluidez rápida de los vehículos.

Establecer planes de señalización, proporcionando seguridad en las vías, con el respeto de las señales de tránsito.

Aumento de impuestos y restricción para vehículos pesados.

Cobro de tarifa para ingresar al centro de la ciudad.

Promover el uso de bicicletas e incentivar a aminorar.

Uno de los grandes problemas de congestión vehicular en el mundo se debe a un mal diseño y planeación de las calles y avenidas

(Tobar, 2018, pág. 8) De acuerdo con lo analizado en su trabajo de congestión vial y su causalidad, en donde identifica que la capacitación y formación de conductores contribuyen a la solución del problema de congestión vehicular. Debido a que la mayoría de incidentes que se observan se genera por imprudencia de conductores.

Propone que es necesario que se haga una inversión en nuevas tecnologías de sincronización de los semáforos y señalización a casusa del grabe estado en que se encuentra este componente del control de tránsito.

Requiere establecer una regulación de la descarga de mercancía en horas pico para disminuir la congestión, la accidentalidad y la seguridad en la zona céntrica de la ciudad. Además, Establecer rutas de ampliación de vías y mantenimiento de la infraestructura vial.

(Machaca, 2016, pág. 11) Propone solucionar los problemas de congestión vehicular mediante la aplicación de semáforos inteligentes basados en la tecnología Arduino en donde por medio de procesamiento digital de imágenes programado en Matlab de manera inteligente con algoritmos para la toma de decisiones en el control del tráfico de vehículos. El desarrollo del sistema se compone de cámaras que capturan imágenes y son enviadas para su procesamiento digital, mediante el uso del software Matlab, el cual determina la densidad del tráfico vehicular para que el microcontrolador del Arduino cambie el tiempo de duración de luz verde para cada carretera según el volumen de vehículos existentes en las vías de tránsito, para de esta forma regular de mejor manera el tráfico.

1.6.15 El parque automotor

El parque automotor corresponde a todos los vehículos matriculados en un año, es decir que está conformado por todos los vehículos que circulan por las vías de una ciudad, menos las bajas producidas (vehículos sacados de circulación). Se incluyen vehículos de pasajeros, autobuses, camiones y camionetas. También se conoce con los nombres de parque automotriz, parque vehicular y parque de vehículos.

El problema de tráfico vehicular se agrava aún más con el incremento del parque automotor.

Según el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), El parque automotor de Ecuador creció 57% en cinco años. En el 2015, se matricularon 1'925.368 vehículos motorizados en Ecuador, 57% más que lo registrado en el año 2010 donde la cifra llegó a 1'226.349, según los últimos datos del Anuario de Transportes 2015 (INEC, 2016).

La provincia con más vehículos matriculados fue Pichincha con 492.568, seguido de Guayas con 362.857 y Manabí con 152.231, Liderando la marca Chevrolet como la mayor concentración de vehículos matriculados en el 2015 con 554.042 unidades.

De acuerdo con datos de la Dirección de Transporte y Movilidad de la Municipalidad de Ambato, en La capital tungurahuese el parque automotor se incrementó en un 21.82% en el 2016 en relación al 2015, Según el informe en el año 2015 se matricularon 72.437 mientras que en el año 2016 la cifra aumento a 88.243 vehículos motorizados matriculados (La Hora, 2017).



Figura 16-1: Tráfico vehicular en Ambato

Fuente: (La Hora, 2017)

Esto sumado a la venta de vehículos anual, que van incrementando el número de vehículos en ciudades y carreteras del país y agravando aún más los problemas de tráfico generando mayor congestión especialmente en horas pico y consecuentemente aumento la cantidad de emisiones contaminantes en el país y en el planeta.

Pese a enfrentarse a una serie de restricciones de comercialización de vehículos, en el año 2019 en el sector automotriz del Ecuador se comercializaron 132.208 vehículos, teniendo mayor

demanda por parte de los consumidores los automóviles seguidos por los SUV y posterior a ellos las camionetas, siendo los automóviles los vehículos más comercializados históricamente debido a que son más económicos y familiares (AEADE, 2019, pág. 84).

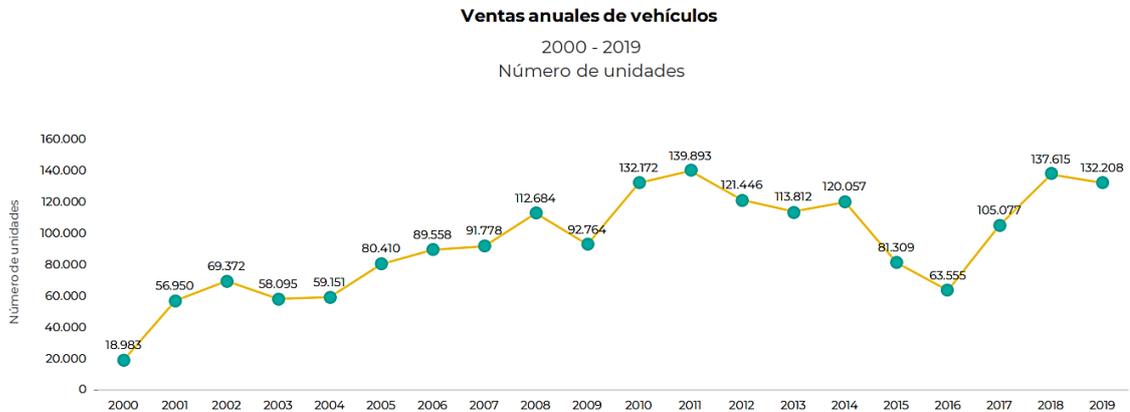


Gráfico 1-1: Cifras de ventas anuales de vehículos en Ecuador 2000-2019

Fuente: (AEADE, 2019)

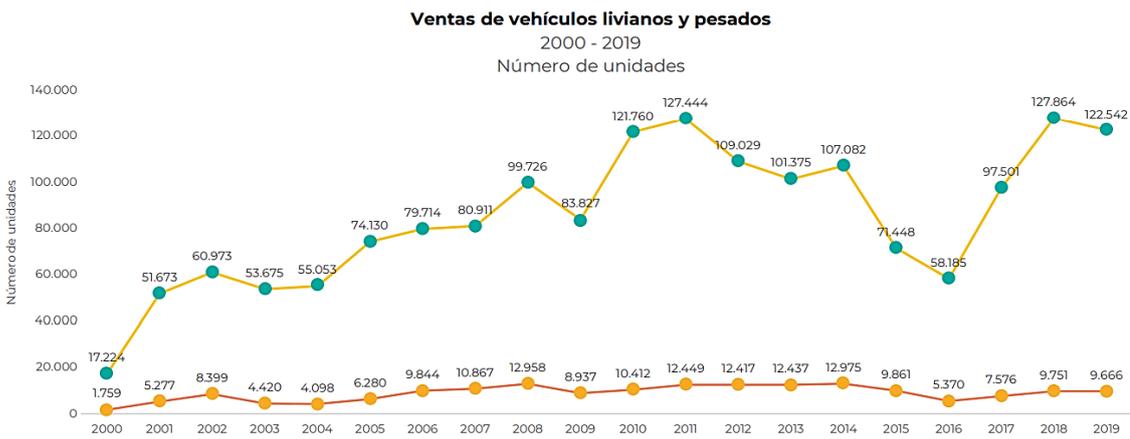


Gráfico 2-1: Cifras de ventas anuales de vehículos livianos y pesados en Ecuador

Fuente: (AEADE, 2019)

En la venta de vehículos según las principales provincias en el año 2019, la provincia de Tungurahua se encuentra en el tercer lugar con 9.536 unidades con un porcentaje de participación en el mercado de 7.2%, ubicando a Pichincha en el primer lugar con 49.718 unidades y con participación de 37.6% y en segundo lugar la provincia del Guayas con 36.588 y un porcentaje de participación en ventas del 27.7%

Participación de ventas de vehículos por provincia

2019

% de participación

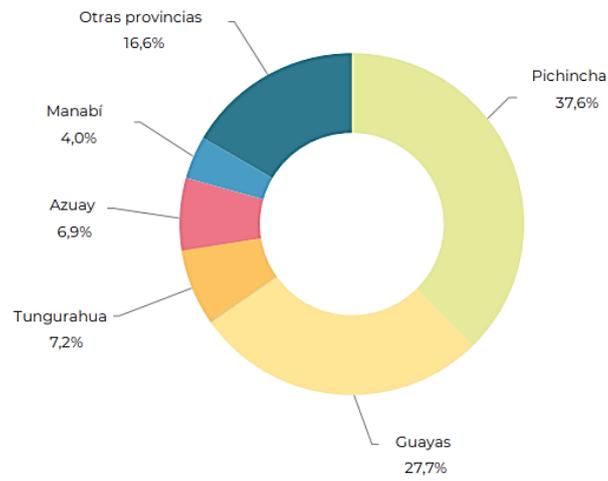


Gráfico 3-1: Participación de ventas de vehículos por provincia

Fuente: (AEADE, 2019)

CAPITULO II

2. MARCO METODOLOGICO

2.1 Enfoque

El presente trabajo se enfoca en un método cuantitativo, el cual consta una serie de procesos secuenciales, donde una vez planteado el problema de estudio, y continuando con la revisión literaria de la teoría, se recolecta los datos numéricos para probar la hipótesis, analizando los datos obtenidos de manera descriptiva para formular las conclusiones en forma estadística.

2.2 Modalidad de investigación

- **Investigación de Campo**

Mediante el uso de dispositivos de medición se realiza el ensayo de gases de escape de manera directa y en funcionamiento en tiempo real de los vehículos, se recoge toda la información necesaria que permita analizar las variables de los agentes contaminantes en el tráfico vehicular en ciudad y carretera.

- **Investigación Bibliográfica**

Mediante la investigación bibliografía en varias fuentes, se recopila la información necesaria que pueda ayudar a comprender el problema de mejor manera y aportar a la construcción del marco teórico para el desarrollo y análisis del presente trabajo.

Buscando información de estudios previos, artículos científicos, páginas web, revistas, libros, etc. en donde se han ejecutado para analizar las variables de nuestro interés los cuales nos ayudan a tener una idea clara de los efectos producidos por el tráfico vehicular y las emisiones contaminantes en el ambiente.

2.3 Tipo de investigación

El trabajo de investigación es de tipo No experimental en donde no se produce cambios en las variables, es decir que con los datos obtenidos se va a observar, describir y relacionar las Variables.

- **Investigación Exploratoria**

Se considera la investigación exploratoria, a razón de que en nuestro medio no existe suficiente información acerca del tema o no ha sido estudiado con profundidad, y está apoyado en la recolección de datos para encontrar patrones significativos que deberán ser analizados para llevar a cabo correctamente el proceso.

- **Investigación Descriptiva**

Luego de haber concluido la investigación exploratoria se va a describir las características de cada medición detallando paso a paso el proceso que se realiza para comprender de la manera más exacta posible las variables.

- **Investigación Explicativa**

Se aplica la investigación explicativa para intentar establecer las relaciones de causa y efecto, dando a conocer los aspectos relevantes que deban ser comprendidos y especificando los aspectos más sobresalientes del estudio.

2.4 Población y muestra

2.4.1 Población

Es el conjunto de elementos, individuos u objetos de interés, que contienen ciertas características que se pretenden estudiar o analizar, puede ser el conjunto de personas, llamadas telefónicas, viviendas de la ciudad, estudiantes de un país, etc.

2.4.2 Muestra

Es una parte o subconjunto limitado de elementos representativos de una población, que han sido seleccionados previamente para realizar un estudio, esto debido a que resulta muy extenso, costoso, y menos factible estudiar todos los elementos de una población.

Entre las pruebas dinámicas estables se puede mencionar:

US Federal 3

Clayton Key

CALVIP

ASM

2.5.1.2 Pruebas Dinámicas transitorias

Al igual que las pruebas estables las pruebas transitorias se conducen en un dinamómetro siguiendo un programa de manejo específico, teniendo como diferencia la duración del ciclo, esto debido a que las muestras de los gases de escape son recolectadas de forma continua a lo largo de la duración de la prueba, estas muestras deben ser recolectadas a volumen constante y ser estar expresadas en unidades de masa. Estos ensayos requieren de dinamómetros con carga variable y potencia necesaria para lograr simular la carga instantánea que se presenta en la carretera.

Entre las pruebas dinámicas estables se puede mencionar:

FTP 72, 75

NYCC

CDH 226

IM-240

ON BOARD

UE/ECE

Para el desarrollo de la investigación se utiliza el método de ensayo de la prueba dinámica transitoria ON BOARD (a bordo), para conocer las emisiones contaminantes, de los vehículos sometidos a prueba cuando se encuentra en movimiento en condiciones reales de funcionamiento.

2.5.1.3 Prueba de medición On Board

La prueba de medición a bordo es recocida por tener una mayor aproximación a las condiciones reales de cuantificación con respecto a las emisiones de gases vehiculares.

Tiene la ventaja de realizar las pruebas en condiciones reales de funcionamiento, por lo que son mayormente utilizados para determinar factores de emisión. Y su desventaja radica en la necesidad de mayor tiempo para la conexión para su instalación, además de requerir espacio dentro del vehículo y la disponibilidad de vehículos para realizar los ensayos.

En este procedimiento se elimina todo lo respecta a estados no representativas de manejo que se presentan en las pruebas con dinamómetro. El desafío está en medir de manera confiable la concentración de emisiones y flujo de gases de escape en tiempo real, para obtener resultados del tiempo, distancia recorrida y consumo de combustible (Albán & López, 2010, pág. 36).

2.6 Instrumentos para la recolección de datos

2.6.1 Analizador de Gases MAHA MET 6.1

Es un equipo liviano de tamaño compacto que posee un breve tiempo de calentamiento y disponibilidad rápida, puede realizar un análisis preciso de los gases de escape CO, CO₂, HC, NO_x, O₂ con cálculo de valor lambda, se conecta mediante redes LAN/WLAN. Posee una sonda que se conecta en el tubo de escape del vehículo, encargado de aspirar los gases.



Figura 2-2: Analizador de gases Maha MET 6.1

Fuente: (MAHA, 2021)

2.6.2 Dispositivo ELM327

Es un dispositivo de diagnóstico rápido inalámbrico que se utiliza en vehículos equipados con sistemas OBDII, EOBD, CAN que tengan el conector de diagnóstico de 16 pines, que permite conectarse a la ECM del vehículo para conocer los parámetros de funcionamiento del motor en tiempo real, además de poder leer y borrar códigos de avería DTC, esto se puede realizar con el uso de un smartphone u ordenador, a través de una aplicación llamada Torque Pro que se conecta con el dispositivo vía bluetooth o WIFI.



Figura 3-2: Dispositivo ELM327

Fuente: Autor

2.6.3 *Convertidor de voltaje*

Es un equipo electrónico que como su nombre lo indica transforma el voltaje de 12v de la batería del vehículo en 110v que es el voltaje necesario para conectar los equipos dentro del vehículo para hacer los ensayos de gases mediante el método dinámico a bordo.



Figura 4-2: Inversor de potencia PI-3000

Fuente: Autor

2.6.4 *Computadora portátil (Software)*

Para poder visualizar los niveles de emisión de gases contaminantes se hace uso de un computador portátil en donde se encuentra instalado el software Maha Emission Software (MES-7) y MAHA Emission Viewer los cuales permiten conectarse con el analizador de gases Maha MET 6.1 para visualizar y almacenar la información de los niveles de emisión de los vehículos.

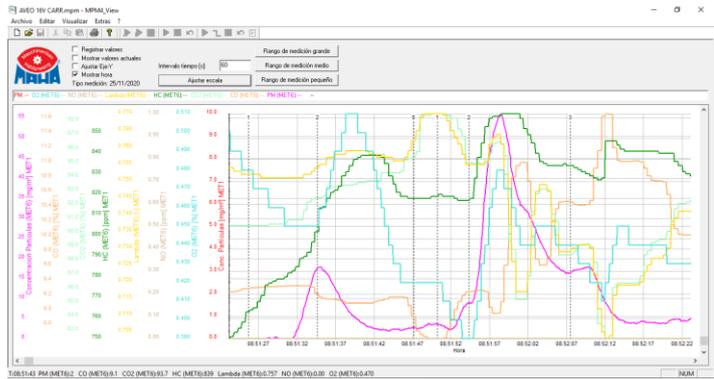


Figura 5-2: Visualización en pantalla de MAHA Emission Viewer

Fuente: Autor

2.7 Selección de vehículos de prueba

Luego de haber hecho la revisión de la composición de ventas de vehículos en Ecuador y en la provincia de Tungurahua en el Anuario AEADE 2019, se puede visualizar que la mayor parte de vehículos vendidos son automóviles con un 30%, seguido de vehículos SUV 31.2%, y en tercer lugar camionetas con un 22.9%. Siendo la marca Chevrolet la que presenta el mayor índice de ventas liderando el mercado desde hace varios.

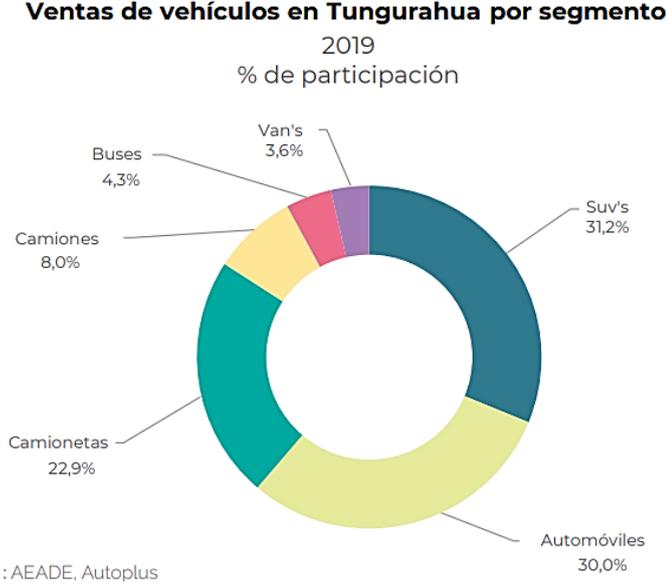


Gráfico 1-2: Participación en ventas de vehículos por segmentos en Tungurahua

Fuente: (AEADE, 2019)

Es así que se ha optado por tomar seleccionar 5 vehículos: 3 automóviles, 1 SUV y 1 camioneta, en la mayoría de marca Chevrolet que tengan los protocolos de comunicación necesarios para conectarse con el dispositivo ELM327.

Tabla 1-2: Vehículos de prueba

	MARCA	MODELO	CLASE	AÑO	CILINDRAJE (cm3)
1	Chevrolet	Chevytaxi	Automóvil	2008	1500
2	Chevrolet	Luv D-max	Camioneta	2011	3000
3	Chevrolet	Aveo Activo	Automóvil	2008	1400
4	Honda	CR-V RD	SUV	2006	2400
5	Chevrolet	Aveo Family	Automóvil	2013	1500

Realizado por: Autor



Figura 6-2: Vehículos de prueba

Realizado por: Autor

2.8 Selección de ruta de prueba

Para la selección de ruta de prueba se ha analizado dos campos diferentes de tránsito de vehículos como lo es ciudad y carretera.

Para la selección de ruta de prueba en ciudad se ha optado por seleccionar principalmente la avenida Cevallos y la avenida 12 de noviembre de la ciudad de Ambato, las cuales representan el centro de la ciudad y en donde se presentan mayores cuadros de congestión vehicular.

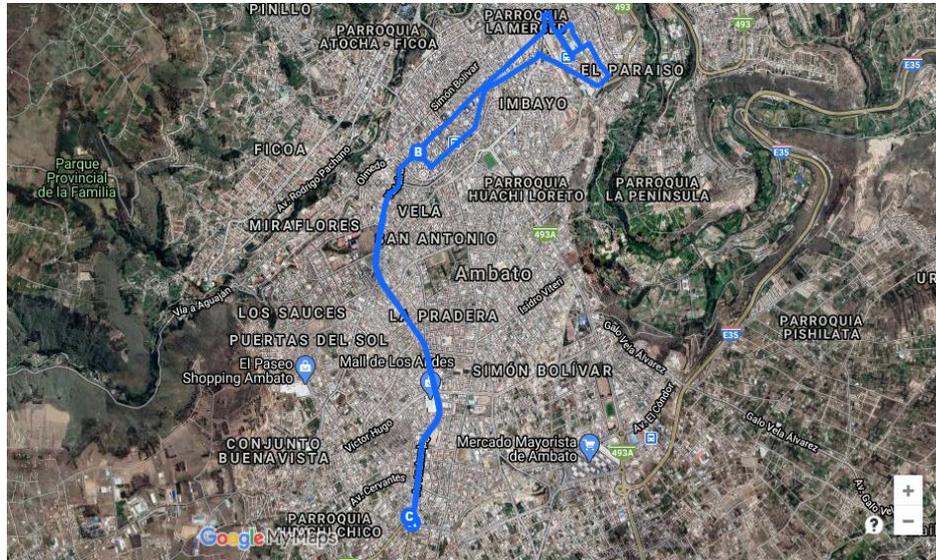


Figura 7-2: Ruta de prueba en Ciudad

Fuente: (Google Maps, 2021)

Para la selección de ruta de prueba en carretera se ha optado por seleccionar la carretera panamericana en el trayecto desde Ambato hasta el peaje de Machachi y viceversa, en donde se presenta mayor fluidez de vehículos debido a que representa una carretera interprovincial donde la mayoría del trayecto es de 4 carriles y por lo general no se presentan cuadros de congestión vehicular.

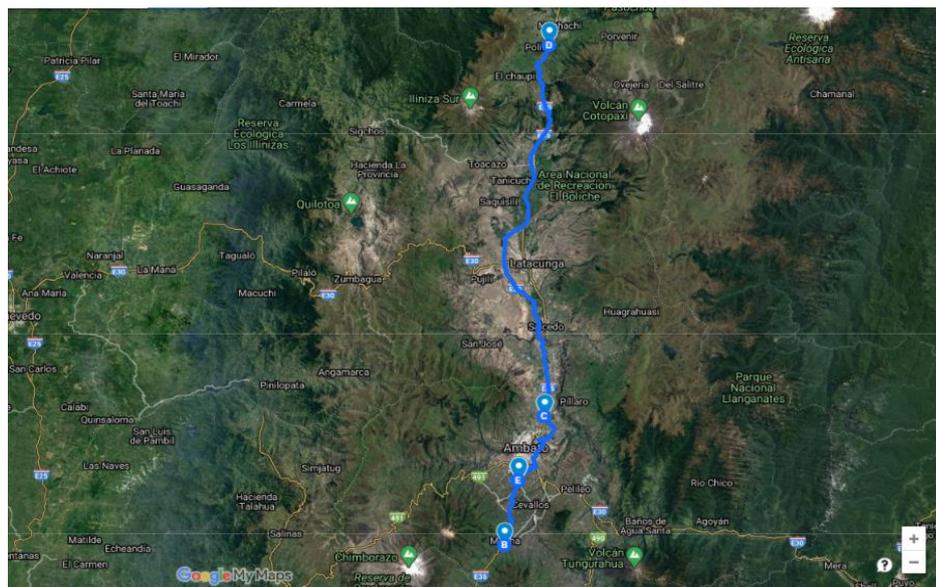


Figura 8-2: Ruta de prueba en Carretera

Fuente: (Google Maps, 2021)

2.9 Procedimiento de instalación de equipos

Los equipos utilizados para realizar las pruebas a bordo y recolectar los datos deben estar conectados de manera adecuada para que tengan un correcto funcionamiento en el transcurso de la prueba, para evitar que se presenten interrupciones y que no puedan causar problemas en el sistema eléctrico del vehículo.

La conexión de equipos se realiza con motor del vehículo apagado para evitar algún problema eléctrico.

Identificar la batería y los bornes positivo y negativo

Conectar los cables de tensión en convertidor de voltaje

Conectar los cables del convertidor a la batería del vehículo tomando en cuenta que se pueda cerrar el capo del vehículo.

Ubicar el convertidor en un espacio adecuado dentro del vehículo

Para conectar el analizador de gases primero se instala la sonda en el tubo de escape del vehículo, ajustando con correas para que la sonda se mantenga estable y no pueda desconectarse del escape.

Conectar la manguera de gases ubicándola de manera que no obstruya el paso de gases y colocar un filtro para evitar el paso de líquido hacia el interior del analizador.

Luego de ello se conectan a la fuente de energía el analizador de gases y la computadora portátil y se los ubica en un sitio adecuado dentro del vehículo.

Finalmente se conecta el dispositivo ELM327

2.10 Procedimiento para realizar la medición

(Albán & López, 2010) Mencionan que antes de empezar con la medición de gases se debe tomar en cuenta algunos aspectos importantes para tener una adecuada realización de las pruebas y garantizar que los datos obtenidos sean confiables.

Inspeccionar el estado de funcionamiento de los diferentes sistemas del vehículo.

Verificar que no existan fugas en el sistema de escape, fugas de lubricante, radiador, conductos de combustible, conductos del refrigerante, etc.

Verificar que se cumplan las condiciones climáticas de 16° a 21°C y con ausencia total de lluvia.

Poner a cero los equipos y dispositivos.

Ubicarse con el vehículo en el punto de inicio de recorrido.

Una vez tomado en cuenta estos aspectos se procede con la medición:

Encender el vehículo

Encender el Convertidor de voltaje

Encender el analizador de gases y el ordenador

Conectar el ordenador al analizador de gases mediante un cable de red

Conectar la sonda al analizador de gases

Mientras se encuentra en fase de calentamiento el analizador de gases se realiza la conexión del dispositivo ELM327 y se inicia el registro de datos del mismo

Una vez que se encuentran listos los equipos se procede a conducir el vehículo y tomar los datos, tomando en cuenta de realizar correctamente los cambios de marcha, y de detenerse únicamente cuando el tráfico y las señales de tránsito lo ameriten.

Al final de la prueba se detiene el vehículo, se apagan los equipos, y se apaga el motor para proceder a desinstalar todos los equipos.

Todo este procedimiento se sigue para realizar las pruebas en ciudad y carretera para cada uno de los vehículos.

2.11 Factores de Emisión

El factor de emisión es un valor que relaciona la cantidad de contaminante emitido a la atmosfera con una actividad asociada a la emisión del contaminante. Estos factores son usualmente expresados como la masa del contaminante dividido por una unidad de peso, volumen, distancia o duración.

En las fuentes móviles, los factores de emisión dependen del tipo de combustible que se utiliza, las condiciones de operación y las tecnologías de control de emisiones con las que cuentan los vehículos.

Son importantes para tomar decisiones en los estudios de impacto ambiental, para diseñar estrategias de vialidades y estimación de los inventarios de emisiones para evaluar los programas de control de contaminación atmosférica.

2.11.1 Factores de emisión mediante un modelo simplificado de la combustión

Para la presente investigación se utiliza un método teórico basado en el modelo simplificado de la combustión, para determinar los factores de emisión, considerando que el consumo de combustible es aproximadamente proporcional a las emisiones contaminantes.

El modelo simplificado de la combustión representa la conversión de la mezcla aire-combustible en sus principales productos. En vista que el CO₂, CO y HC resultan de la combustión que contiene carbono se puede desarrollar un balance de masa respecto a la cantidad de carbono presente en el combustible y en estos tres productos de la combustión. Por lo tanto, el número total de átomos de carbono en cada caso debería ser igual ya que se deben conservar (Recalde & Revelo, 2015, págs. 26-31).

Posteriormente, con el conocimiento del peso molecular y la densidad del combustible utilizado es posible calcular la cantidad de CO, HC y NO emitidos por galón de combustible quemado. Sin embargo, la mayoría de los inventarios de emisiones se presentan en gramos de contaminante por kilómetro recorrido, para lo cual es necesario introducir el consumo de combustible promedio del vehículo de prueba.

Para llegar a la composición de los productos de combustión, se asume los siguientes puntos:

- Completo consumo de combustible.
- El carbono del combustible es emitido como CO₂, CO o como un hidrocarburo no quemado equivalente al propano (C₃H₆).
- El cálculo es basado en cantidades estequiométricas de aire. Si una cantidad de oxígeno adicional es quemado, el único efecto en el balance de masa sería que se presente oxígeno en los productos de la combustión.
- Se consideran adicionalmente como productos de la combustión al N₂ y NO.

El punto de partida para el cálculo del modelo de combustión es desarrollar una fórmula molecular equivalente para el combustible. Por ejemplo, se asume que el combustible consiste principalmente de carbono e hidrógeno con cantidades despreciables de otros elementos para el propósito del balance de masa. En la Tabla 2-2 se observa el desarrollo de una fórmula molecular equivalente para un combustible que contiene 80% peso carbono y 20% peso hidrogeno, obteniéndose en este ejemplo la fórmula CH₃.

Tabla 2-2: Formula molecular equivalente

COMPONENTE	lb por 100 lb de combustible	Peso Molecular	lb mol por 100 lb de combustible	lb mol por lb mol de carbono
Carbono	80.0	12.0	6.7	1.0
Hidrogeno	20.0	1.0	20.0	3.0

Realizado por: Autor

Del ejemplo anterior, se puede deducir que el peso molecular del combustible está dado por la fórmula molecular equivalente CH_y , de la cual se tiene:

$$y = \left(\frac{\% \text{ peso H}}{\% \text{ peso C}} \right) \left(\frac{MW_C}{MW_H} \right) \quad (1.0)$$

Donde:

MW_C : peso molecular del carbono

MW_H : peso molecular del hidrogeno

Se consideran como productos de combustión los siguientes: CO , H_2O , C_3H_6 , CO_2 y adicionalmente los productos N_2 y NO que son en la actualidad de gran importancia en la contaminación atmosférica. En definitiva, el balance de masa para la combustión, despreciando el exceso de oxígeno, está dado por:



Donde las variables **a**, **b**, **c**, **d**, **e**, **f** y **m** son coeficientes estequiométricos desconocidos y definidos como:

m = moles de aire consumido por mol de combustible consumido

a = moles formados de CO por mol de combustible consumido

b = moles formados de H_2O por mol de combustible consumido

c = moles formados de C_3H_6 por mol de combustible consumido

d = moles formados de CO_2 por mol de combustible consumido

e = moles formados de N_2 por mol de combustible consumido

f = moles formados de NO por mol de combustible consumido

En vista que los átomos contenidos en la combustión no pueden ser creados ni destruidos, las ecuaciones del balance de masa se pueden escribir como:

Elemento	Reactantes	=	Productos	
Carbono	1	=	$a + 3c + d$	(1.2)

Hidrogeno	y	=	$2b + 6c$	(1.3)
-----------	---	---	-----------	--------------

Oxigeno	0.42 m	=	$a + b + 2d + f$	(1.4)
---------	--------	---	------------------	--------------

Nitrógeno	1.58 m	=	$2e + f$	(1.5)
-----------	--------	---	----------	--------------

Con el objetivo de resolver este sistema de ecuaciones, se realiza la medición de gases (concentraciones volumétricas) en pruebas estáticas y dinámicas para obtener datos adicionales que nos permitan determinar las incógnitas (Urbina, 2016).

$$R_{CO} = \left(\frac{CO}{CO_2}\right) = \frac{a}{d} \quad (1.6)$$

$$R_{HC} = \left(\frac{HC}{CO_2}\right) = \frac{c}{d} \quad (1.7)$$

$$R_{NO} = \left(\frac{NO}{CO_2}\right) = \frac{f}{d} \quad (1.8)$$

Donde:

R_{CO} , R_{HC} y R_{NO} son las razones de %CO a %CO₂; %HC a %CO₂ y %NO a %CO₂, respectivamente; obteniéndose las siguientes ecuaciones:

$$a = R_{CO} d \quad (1.9)$$

$$c = R_{HC} d \quad (2.0)$$

Reemplazando estas relaciones en la ecuación (1.2) se obtiene:

$$d = \frac{1}{R_{CO} + 3R_{HC} + 1} \quad (2.1)$$

Con los valores de a, c y f, se puede obtener los factores de emisión (EF') en gramos de contaminante por gramo de combustible consumido, dado por.

$$EF'_{CO} = a * \frac{MW_{CO}}{MW_{Fuel}} = \frac{R_{CO}}{R_{CO} + 3R_{HC} + 1} * \frac{MW_{CO}}{MW_{Fuel}} \quad (2.2)$$

$$EF'_{HC} = c * \frac{MW_{HC}}{MW_{Fuel}} = \frac{R_{HC}}{R_{CO} + 3R_{HC} + 1} * \frac{MW_{HC}}{MW_{Fuel}} \quad (2.3)$$

$$EF'_{NO} = f * \frac{MW_{NO}}{MW_{Fuel}} = \frac{R_{NO}}{R_{CO} + 3R_{HC} + 1} * \frac{MW_{NO}}{MW_{Fuel}} \quad (2.4)$$

Considerando como base principal del combustible al octano C_8H_{18} (equivalente $CH_{2.25}$), se procede a determinar el peso molecular del combustible:

$$\begin{aligned} MW_{Fuel} &= \frac{12 \text{ g C}}{\text{mol C}} * \left(\frac{1 \text{ mol C}}{\text{mol Fuel}} \right) + \frac{1 \text{ g H}}{\text{mol H}} * \left(\frac{2.25 \text{ mol H}}{\text{mol Fuel}} \right) \\ &= 14.25 \frac{\text{g Fuel}}{\text{mol Fuel}} \end{aligned}$$

Por último, introduciendo la densidad del combustible δ_F (Kg/m^3) y el consumo de combustible por distancia recorrida FC (m^3/Km), se puede obtener el factor de emisión en gramos de cada contaminante por kilómetro recorrido, así (Recalde & Revelo, 2015).

$$EF = EF' * \delta_{Fuel} * FC \quad (2.5)$$

$$EF_{CO} = \frac{\text{g CO}}{\text{km}} = \frac{28 \frac{\%CO}{\%CO_2}}{\frac{\%CO}{\%CO_2} + (3 * \frac{\%HC}{\%CO_2}) + 1} * \frac{\delta_{combustible} * FC}{0.01425} \quad (2.6)$$

$$EF_{HC} = \frac{\text{g HC}}{\text{km}} = \frac{42 \frac{\%HC}{\%CO_2}}{\frac{\%CO}{\%CO_2} + (3 * \frac{\%HC}{\%CO_2}) + 1} * \frac{\delta_{combustible} * FC}{0.01425} \quad (2.7)$$

$$EF_{NO} = \frac{\text{g NO}}{\text{km}} = \frac{30 \frac{\%NO}{\%CO_2}}{\frac{\%CO}{\%CO_2} + (3 * \frac{\%HC}{\%CO_2}) + 1} * \frac{\delta_{combustible} * FC}{0.01425} \quad (2.8)$$

Finalmente, las fórmulas obtenidas 2.6, 2.7 y 2.8 van a servir para calcular los factores de emisión de los vehículos sometidos a prueba.

CAPITULO III

3. MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSION DE RESULTADOS

Una vez realizados los ensayos en los cinco vehículos en ciudad y carretera se procede a analizar los datos del analizador de gases y del dispositivo ELM327, pero para ello primero se debió realizar la sincronización de datos de ambos elementos.

Al momento de guardar los datos, estos archivos se guardan en formato CSV, que se lo puede abrir con el programa Excel de Windows.

De estos archivos se toman los datos del CO₂ del analizador de gases y los datos de las RPM del dispositivo ELM327 y se los lleva al programa Minitab para realizar una correlación de datos debido a que el dispositivo OBDII toma los datos de forma casi instantánea según el funcionamiento del vehículo, a diferencia del analizador de gases que se tarda en tomar los gases con la sonda, para conducirlos por una manguera y llevarlos hacia el interior del equipo para que sean evaluados los niveles de cada uno de los componentes que emite el tubo de escape.

Una vez realizado este procedimiento se pudo verificar que existe un desfase de tiempo de aproximadamente 7 segundos, entre el analizador de gases y el dispositivo OBDII. Entonces se procede a emparejar los datos de ambos dispositivos tomando en cuenta este desfase de tiempo.

Una vez emparejados los datos se realizó un filtrado de las dos bases de datos, con el fin de eliminar celdas vacías o valores atípicos e inconsistentes que se producen cuando el analizador de gases se restablece o existe alguna interrupción en la medición o el manejo del vehículo.

Estos valores son eliminados porque no tienen relevancia en el análisis.

3.1 Resultados de los equipos utilizados

Luego de haber realizado todo el proceso de recolección y obtención de información se obtuvieron los siguientes resultados del analizador de gases y el dispositivo ELM327.

3.1.1 Resultados promedios del Analizador de gases

En la Tabla 1-3 se puede observar los valores promedio de las emisiones de gases de CO, CO₂ y O₂ en porcentaje de volumen (% Vol.) y los hidrocarburos y NOx en partículas por millón (ppm) luego de haber realizado las pruebas en ciudad y carretera.

Claramente se puede diferenciar que los valores de las pruebas realizadas en ciudad son mucho más altos que los valores de las pruebas realizadas en carretera. Con excepción del oxígeno que los valores son más altos en carretera.

Tabla 1-3: Resultados promedio del analizador de gases

MARCA	MODELO	RUTA	CO	CO2	HC	NO	O2
			% Vol.	% Vol.	ppm	ppm	% Vol.
Chevrolet	Chevytaxi	Ciudad	0,7671	122,9712	231,0570	217,6757	1,6359
		Carretera	0,5497	88,1162	205,9287	404,1096	6,2092
Chevrolet	Luv D-max	Ciudad	0,0551	20,1635	20,8296	73,9053	17,2621
		Carretera	0,0381	36,9879	18,8591	123,9034	15,5817
Chevrolet	Aveo Activo	Ciudad	0,5390	100,8730	583,5711	78,6770	1,1895
		Carretera	0,9389	100,6830	499,4704	420,1178	5,2635
Honda	CR-V RD	Ciudad	0,2313	111,2449	41,5815	21,7217	4,6448
		Carretera	0,1264	64,9251	50,7415	30,6811	10,2101
Chevrolet	Aveo Family	Ciudad	0,1063	127,6602	38,4635	34,8572	1,6671
		Carretera	0,3705	116,9278	24,2560	41,5622	3,4806

Realizado por: Autor

3.1.2 Resultados promedios del dispositivo ELM327

En la Tabla 2-3. se puede observar los valores promedio de los indicadores durante el trayecto que se realizaron las pruebas, como por ejemplo el tiempo de prueba, la distancia recorrida, las RPM con que trabajó el vehículo, la temperatura en que se encontraba el motor y la velocidad promedio en que fueron conducidos cada uno de los vehículos.

Tabla 2-3: Resultados del trayecto de prueba

MARCA	MODELO	RUTA	Tiempo de Prueba	Distancia de viaje	Revoluciones del Motor	Temperatura del Refrigerante	Velocidad
			s	km	rpm	°C	Km/h
Chevrolet	Chevytaxi	Ciudad	15195	48,0057	1219,3709	90,5554	11,0354
		Carretera	15300	219,7297	2151,2026	78,7197	51,0194
Chevrolet	Luv D-max	Ciudad	13795	48,5971	1089,4967	84,2222	12,2399
		Carretera	13406	206,1779	1861,0887	84,6418	51,0887
Chevrolet	Aveo Activo	Ciudad	15428	45,4948	1193,0226	90,4549	10,1801
		Carretera	15204	211,5771	2449,6580	75,9438	50,0040
Honda	CR-V RD	Ciudad	9270	35,9983	1158,0428	93,4000	13,8496
		Carretera	11809	180,0643	2176,5332	87,7524	55,1075
Chevrolet	Aveo Family	Ciudad	15036	51,7935	1153,0147	88,4637	11,9749
		Carretera	15255	206,3368	1988,5435	80,6869	47,6582

Fuente: Autor

Así mismo en la Tabla 3-3. se puede observar los valores de consumo de combustible durante el trayecto.

Tabla 3-3: Resultados de consumo de combustible

MODELO	RUTA	Tiempo de Prueba	Combustible utilizado (viaje)	Distancia de viaje	Flujo de combustible /hora	Kilómetros por litro	Litros Por 100 Kilómetros
		s	gal	km	gal/h	kpl	l/100km
Chevytaxi	Ciudad	15195	2,2951	48,0057	0,5175	5,2929	22,7946
	Carretera	15300	5,2116	219,7297	1,1718	13,3226	10,2066
Luv D-max	Ciudad	13795	2,8853	48,5971	0,6478	4,4494	22,4748
	Carretera	13406	3,1146	206,1779	0,6583	17,4871	5,7185
Aveo Activo	Ciudad	15428	2,0926	45,4948	0,4510	5,6460	19,5249
	Carretera	15204	5,3385	211,5771	1,2294	13,6175	11,1639
CR-V RD	Ciudad	9270	0,9934	35,9983	0,3668	10,2030	9,6241
	Carretera	11809	3,0071	180,0643	0,9077	19,1253	7,1668
Aveo Family	Ciudad	15036	2,0020	51,7935	0,4528	6,8929	17,2526
	Carretera	15255	4,6594	206,3368	1,0680	13,2821	10,8839

Fuente: Autor

3.2 Resultados de las pruebas realizadas en Ciudad

3.2.1 Concentración de emisiones

En la Tabla 4-3 se puede observar los valores promedio de las emisiones contaminantes de los vehículos con la prueba dinámica realizada en ciudad con un total de 68724 segundos (19.09 horas) y con 229.8896 Km de distancia total recorrida. A una velocidad promedio de 11.85 km/h y una distancia promedio de 45.97 km recorrida durante 3.18 horas (13744.8 segundos)

Tabla 4-3: Resultados promedio de emisiones en Ciudad

MARCA	MODELO	RUTA	Tiempo de Prueba	CO	HC	NOx	Distancia de viaje	Velocidad
			s	% Vol	ppm	ppm	km	Km/h
Chevrolet	Chevytaxi	Ciudad	15195	0,7671	231,0570	217,6757	48,0057	11,0354
Chevrolet	Luv D-max	Ciudad	13795	0,0551	20,8296	73,9053	48,5971	12,2399
Chevrolet	Aveo Activo	Ciudad	15428	0,5390	583,5711	78,6770	45,4948	10,1801
Honda	CR-V RD	Ciudad	9270	0,2313	41,5815	21,7217	35,9983	13,8496
Chevrolet	Aveo Family	Ciudad	15036	0,1063	38,4635	34,8572	51,7935	11,9749

Realizado por: Autor

A continuación, se muestra los gráficos que representan los niveles de concentración de las emisiones contaminantes nocivas para salud como son CO, HC y NOx, del vehículo Chevrolet Chevytaxi cuando transita en Ciudad.

En el Gráfico 1-3. se puede visualizar el grafico del ciclo de conducción en ciudad y la concentración de monóxido de carbono CO en un rango de tiempo de 3000s, en donde se puede apreciar el ciclo de conducción con cambios de velocidades constantes y un manejo brusco, con lo que se puede intuir como ha sido el tráfico en la ciudad.

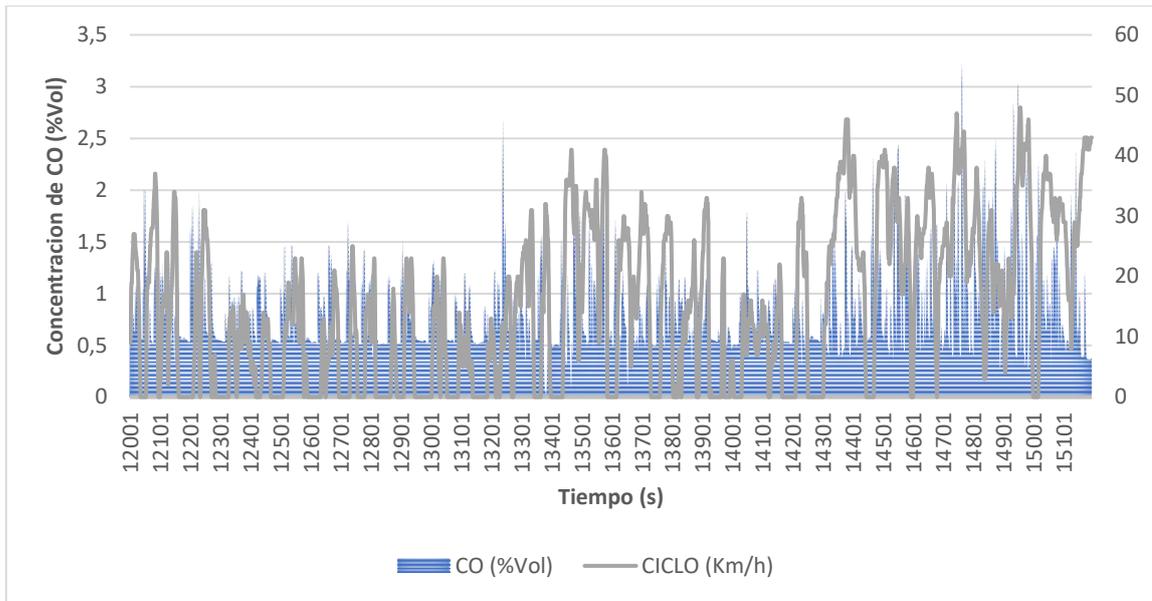


Gráfico 1-3: Concentración de emisiones de CO del vehículo Chevy taxi en Ciudad

Realizado por: Autor

En el Gráfico 2-3. se puede visualizar la concentración de hidrocarburos HC en un rango de tiempo de 3000s, se puede ver que al igual que el monóxido de carbono CO, tiene ligeras variaciones, pero regularmente se mantiene en 180 ppm.

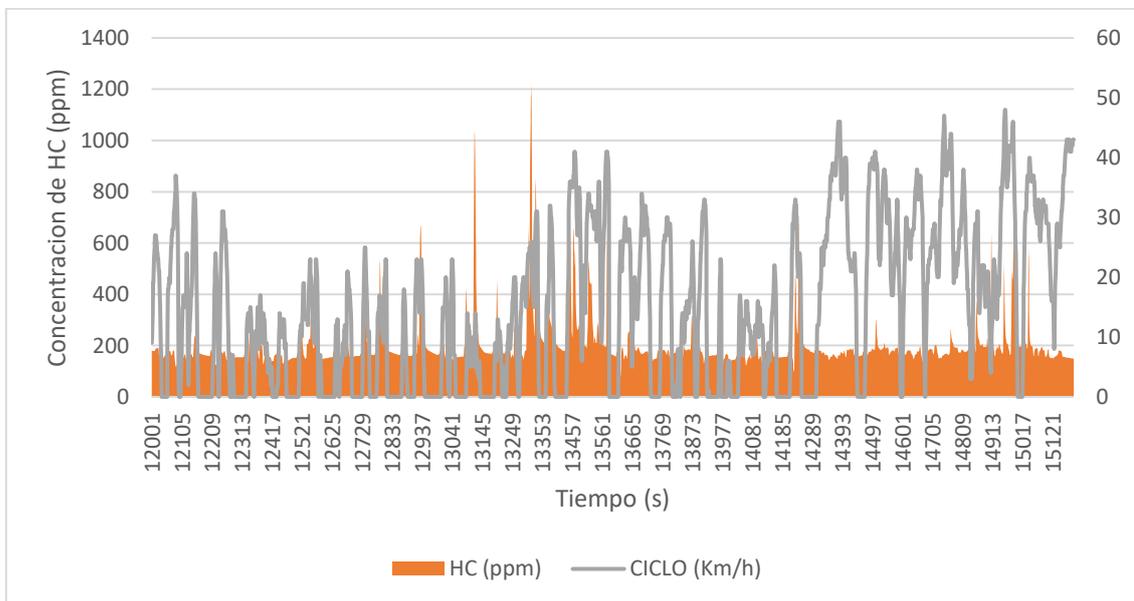


Gráfico 2-3: Concentración de emisiones de HC del vehículo Chevy taxi en Ciudad

Realizado por: Autor

El Gráfico 3-3. representa la concentración de óxidos de nitrógeno NOx en un rango de tiempo de 3000s, se puede apreciar claramente que la emisión de NOx varía de acuerdo al ciclo de

conducción, es decir que la emisión de NOx aumenta en cada acelerón que se da en la ciudad, por ejemplo, al estar esperando a que cambie de color un semáforo.

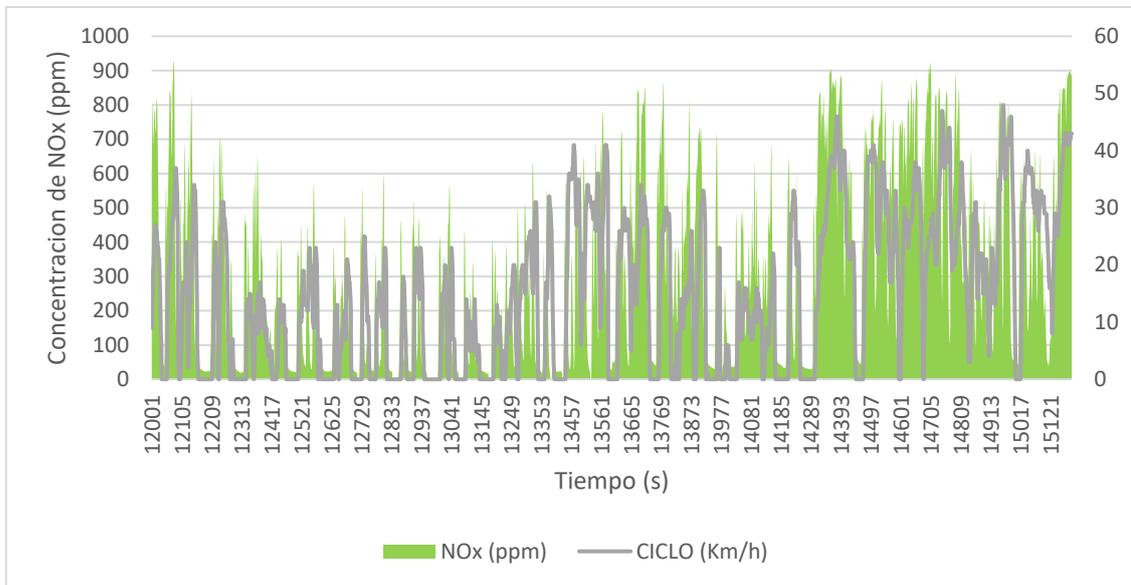


Gráfico 3-3: Concentración de emisiones de NOx del vehículo Chevytaxi en Ciudad

Realizado por: Autor

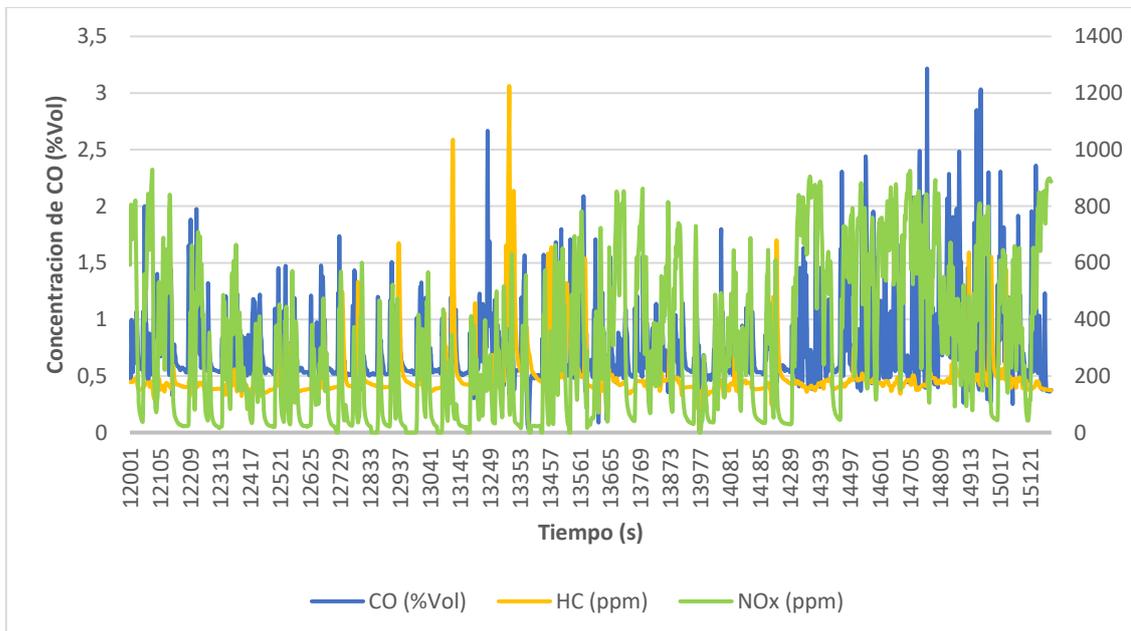


Gráfico 4-3: Concentración de emisiones de CO, HC y NOx del vehículo Chevytaxi en Ciudad

Realizado por: Autor

3.2.2 Factores de emisión

Luego de realizar los cálculos de factores de emisión se obtiene los valores de CO, HC y NOx en g/km, de cada uno de los vehículos sometidos a prueba.

En la Tabla 5-3. se presenta los factores de emisión de los vehículos en las pruebas realizadas en ciudad.

Tabla 5-3: Factores de emisión de los vehículos en Ciudad

MARCA	MODELO	RUTA	Consumo	EF CO	EF HC	EF NOx
			l/km	gCO/km	gHC/km	gNOx/km
Chevrolet	Chevytaxi	Ciudad	0,1889	1,303	0,056	0,031
Chevrolet	Luv D-max	Ciudad	0,2247	1,145	0,060	0,087
Chevrolet	Aveo Activo	Ciudad	0,1771	1,553	0,103	0,011
Honda	CR-V RD	Ciudad	0,0980	0,406	0,041	0,015
Chevrolet	Aveo Family	Ciudad	0,1450	0,184	0,047	0,012

Realizado por: Autor

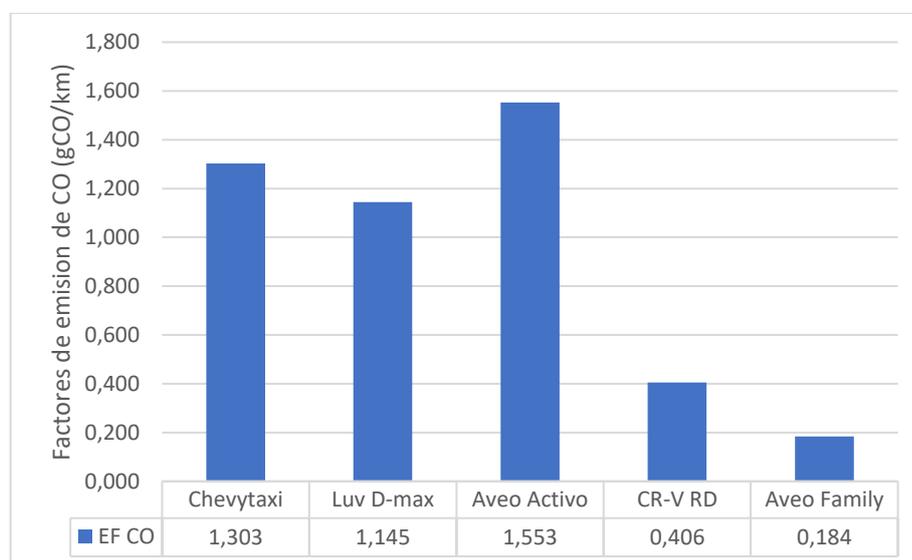


Gráfico 5-3: Factores de emisión de CO de los vehículos en Ciudad

Realizado por: Autor

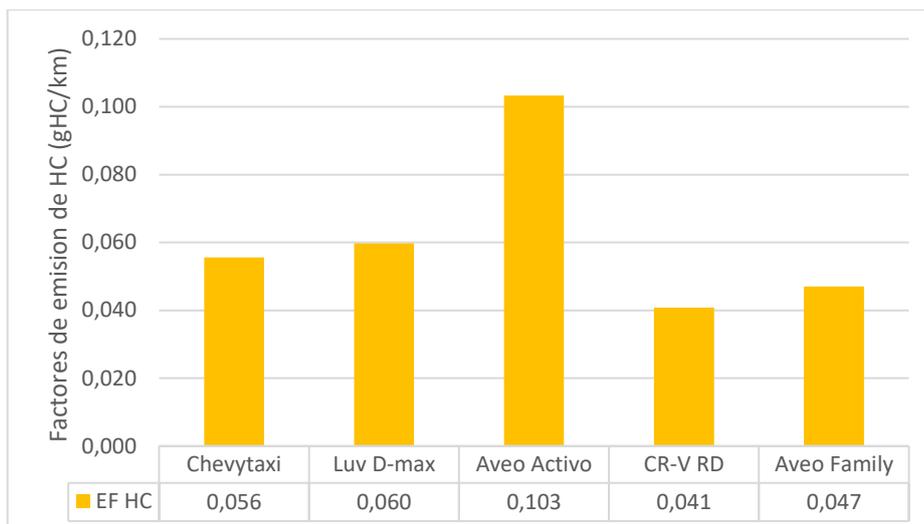


Gráfico 6-3: Factores de emisión de HC de los vehículos en Ciudad

Realizado por: Autor

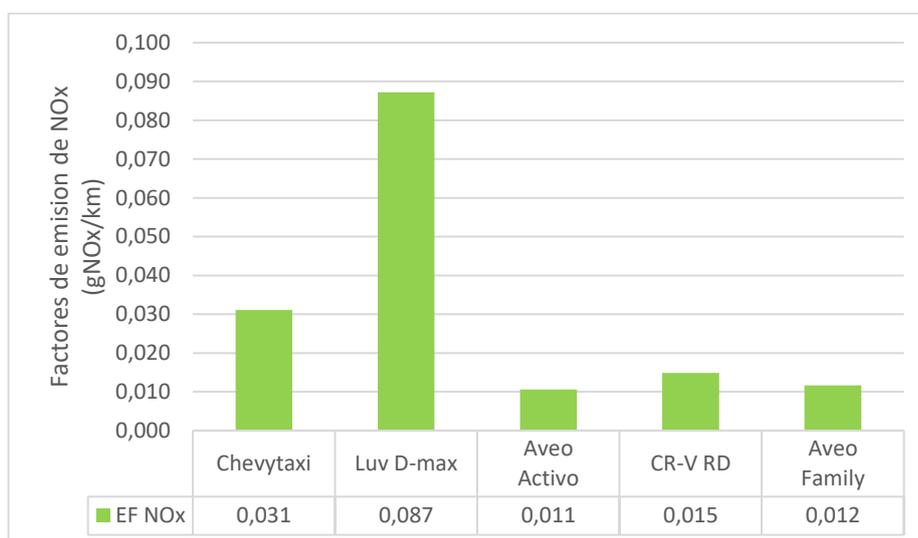


Gráfico 7-3: Factores de emisión de NOx de los vehículos en Ciudad

Realizado por: Autor

Como se puede apreciar en el Gráfico 5-3 y Gráfico 6-3 el vehículo que emitió mayor cantidad de monóxido de carbono CO e hidrocarburos HC es el vehículo Aveo Activo. Y el vehículo que emitió mayor cantidad de NOx es el vehículo Luv D-max que trabaja con motor a diésel como se puede apreciar en el gráfico Gráfico 7-3.

3.2.3 Consumo de combustible

El consumo de combustible de un vehículo depende de varios factores, tales como las características del motor, la carrocería, la manera de conducir, carga transportada, la carretera por

la que se circula y las condiciones ambientales; se expresa generalmente en litros por cada 100 km, pero en ocasiones y cada vez con mayor frecuencia, se expresa en km/l.

Tabla 6-3: Consumo de combustible de los vehículos en Ciudad

MARCA	MODELO	RUTA	Consumo	Tiempo de Prueba	Distancia de viaje	Combustible Utilizado
			l/km	s	km	gal
Chevrolet	Chevytaxi	Ciudad	0,1889	15195	48,0058	2,2952
Chevrolet	Luv D-max	Ciudad	0,2247	13795	48,5972	2,8853
Chevrolet	Aveo Activo	Ciudad	0,1771	15428	45,4949	2,0926
Honda	CR-V RD	Ciudad	0,0980	9270	35,9983	0,9935
Chevrolet	Aveo Family	Ciudad	0,1451	15036	51,7936	2,0020

Realizado por: Autor

Como se puede apreciar en el Gráfico 8-3 el vehículo que se vio mayor afectado en cuanto al consumo de combustible es el vehículo Luv D-max, lo que evidencia que los motores diésel no se llevan bien con una conducción muy baja en revoluciones.

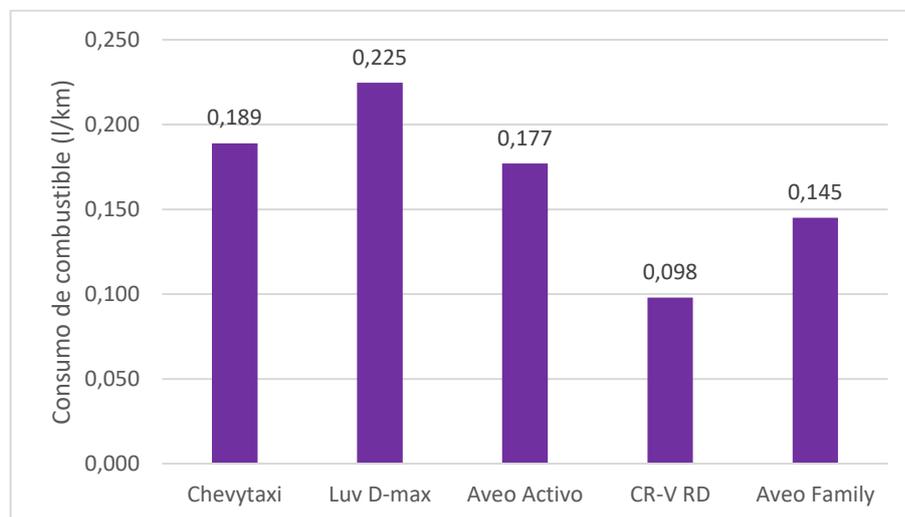


Gráfico 8-3: Consumo de combustible de los vehículos en Ciudad

Realizado por: Autor

3.3 Resultados de las pruebas realizadas en Carretera

3.3.1 Concentración de emisiones

En la Tabla 7-3 se puede observar los valores promedio de las emisiones contaminantes de los vehículos con la prueba dinámica realizada en carretera con un total de 70974 segundos (19.71 horas) y con 1023.8861 Km de distancia total recorrida. A una velocidad promedio de 50.97 km/h y una distancia promedio de 204.77 km durante 3.94 horas (14194.8 segundos).

Tabla 7-3: Resultados promedio de emisiones en Carretera

MARCA	MODELO	RUTA	Tiempo de Prueba	CO	HC	NO	Distancia de viaje	Velocidad
			s	% Vol	ppm	ppm	km	Km/h
Chevrolet	Chevytaxi	Carretera	15300	0,5497	205,9287	404,1096	219,7297	51,0194
Chevrolet	Luv D-max	Carretera	13406	0,0381	18,8591	123,9034	206,1779	51,0887
Chevrolet	Aveo Activo	Carretera	15204	0,9389	499,4704	420,1178	211,5771	50,0040
Honda	CR-V RD	Carretera	11809	0,1264	50,7415	30,6811	180,0643	55,1075
Chevrolet	Aveo Family	Carretera	15255	0,3705	24,2560	41,5622	206,3368	47,6582

Realizado por: Autor

A continuación, se muestra los gráficos que representan los niveles de concentración de las emisiones contaminantes nocivas para salud como son CO, HC y NOx, del vehículo Chevrolet Chevytaxi cuando transita en Carretera.

En el Gráfico 9-3. se puede visualizar el ciclo de conducción en carretera de aproximadamente 70km/h, donde se puede apreciar un flujo normal con periodos prolongados a velocidades constantes y la concentración de monóxido de carbono CO en un rango de tiempo de 3000s, en donde se puede ver que la concentración de CO tiene mayores variaciones que en ciudad, pero menos concentración.

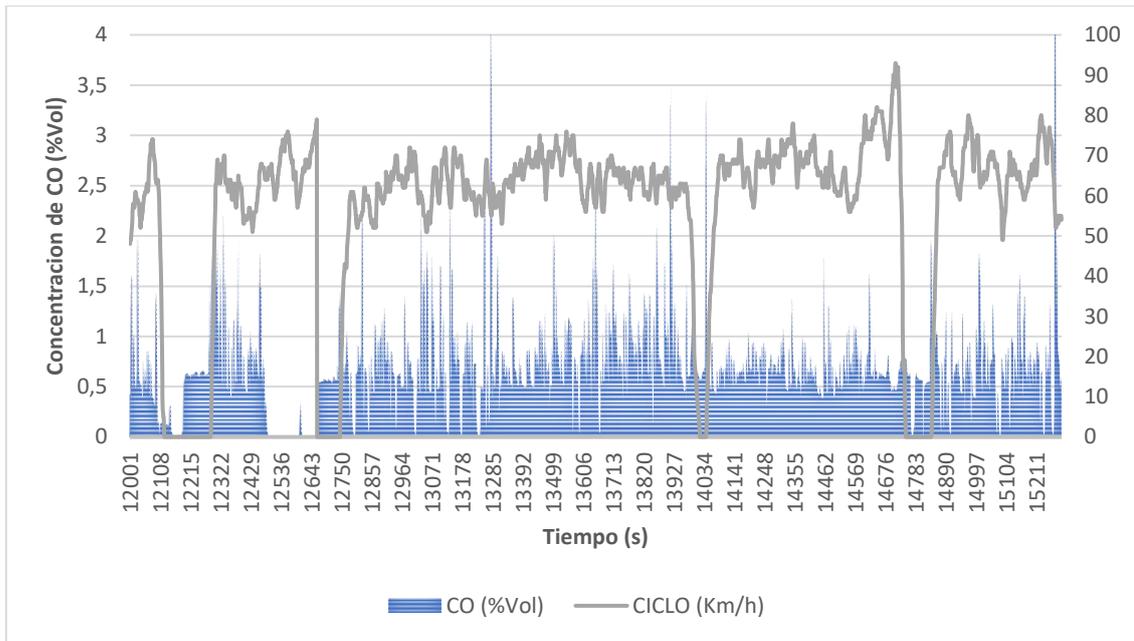


Gráfico 9-3: Concentración de emisiones de CO del vehículo Chevytaxi en Carretera

Realizado por: Autor

En el Gráfico 10-3. se puede visualizar la concentración de hidrocarburos HC y ciclo de conducción en un rango de tiempo de 3000s, de la prueba realizada en carretera

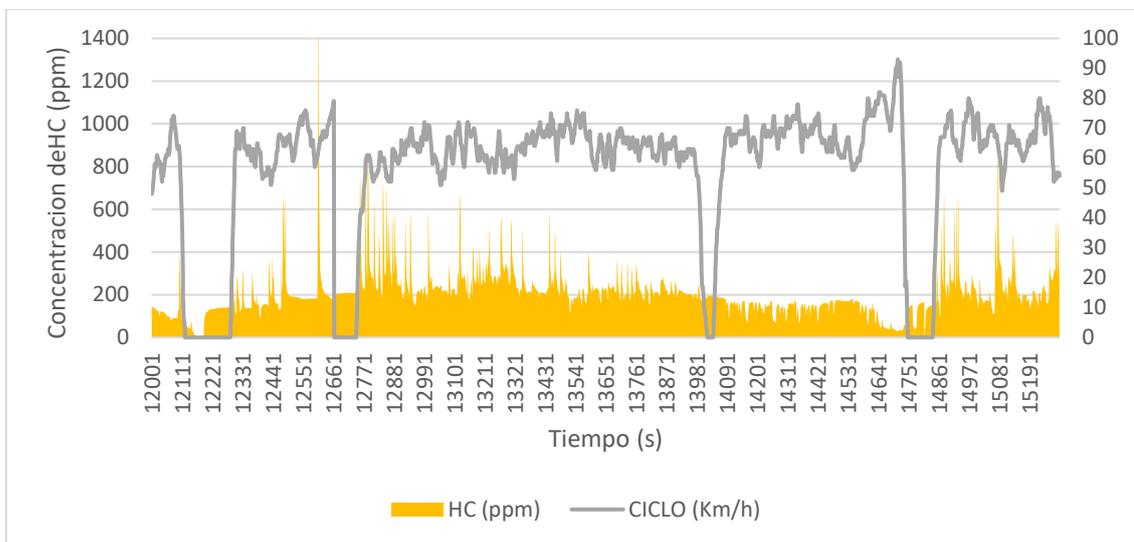


Gráfico 10-3: Concentración de emisiones de HC del vehículo Chevytaxi en Carretera

Realizado por: Autor

El Gráfico 11-3. representa la concentración de óxidos de nitrógeno NOx en un rango de tiempo de 3000s, se puede apreciar que la emisión de NOx varía de acuerdo al ciclo de conducción, pero con menor concentración que las emisiones en ciudad.

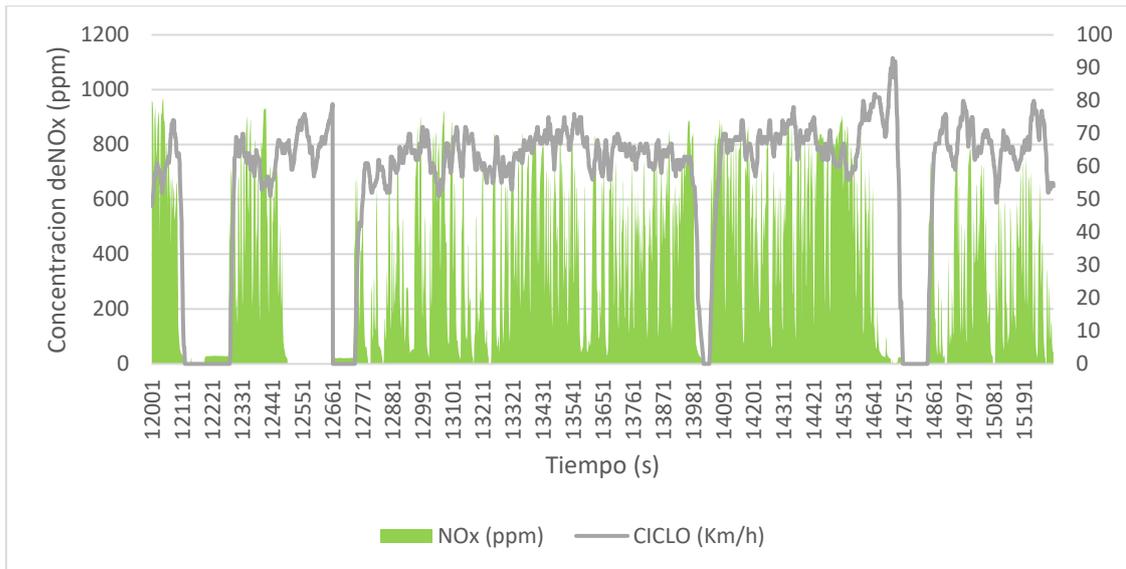


Gráfico 11-3: Concentración de emisiones del vehículo Chevytaxi en Carretera

Realizado por: Autor

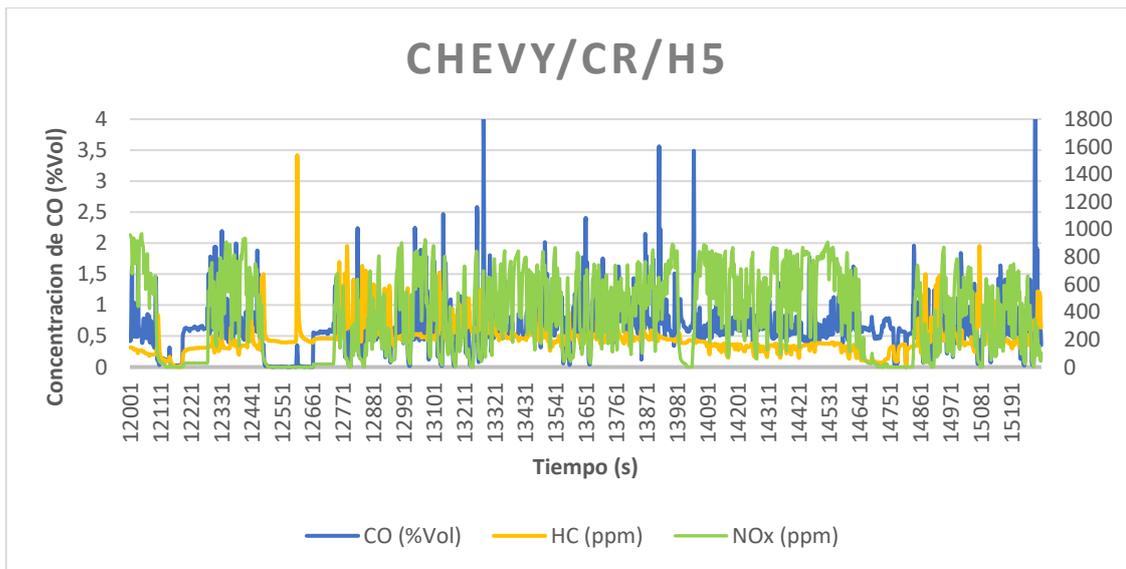


Gráfico 12-3: Concentración de emisiones de CO, HC y NOx del vehículo Chevytaxi en Carretera

Realizado por: Autor

3.3.2 Factores de emisión

Luego de realizar los cálculos de factores de emisión se obtiene los valores de CO, HC y NOx en g/km, de cada uno de los vehículos sometidos a prueba.

En la Tabla 8-3. se presenta los factores de emisión de los vehículos en las pruebas realizadas en carretera.

Tabla 8-3: Factores de emisión de los vehículos en Carretera

MARCA	MODELO	RUTA	Consumo	EF CO	EF HC	EF NOx
			l/km	gCO/km	gHC/km	gNOx/km
Chevrolet	Chevytaxi	Carretera	0,0750	0,629	0,028	0,069
Chevrolet	Luv D-max	Carretera	0,0571	0,092	0,006	0,029
Chevrolet	Aveo Activo	Carretera	0,0734	0,852	0,071	0,068
Honda	CR-V RD	Carretera	0,0522	0,260	0,026	0,019
Chevrolet	Aveo Family	Carretera	0,0752	0,126	0,015	0,015

Realizado por: Autor

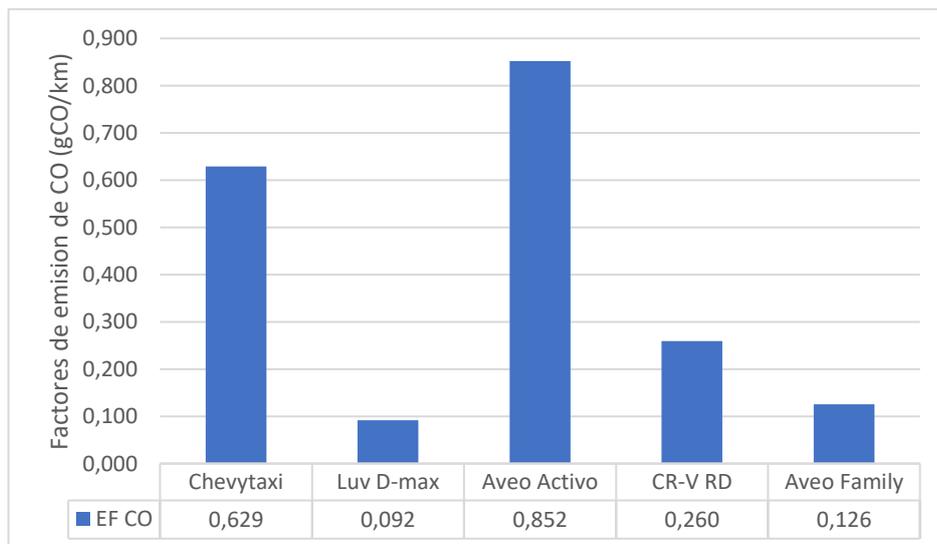


Gráfico 13-3: Factores de emisión de CO de los vehículos en Carretera

Realizado por: Autor

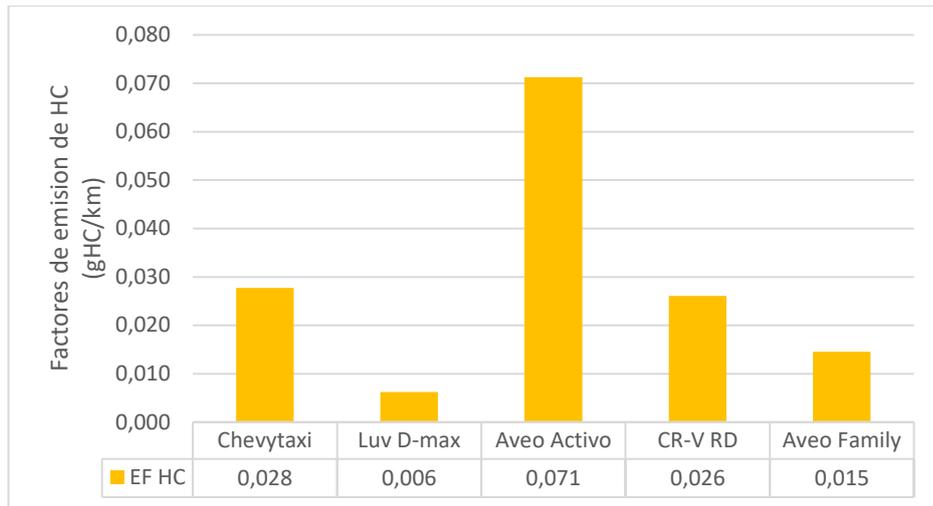


Gráfico 14-3: Factores de emisión de HC de los vehículos en Carretera

Realizado por: Autor

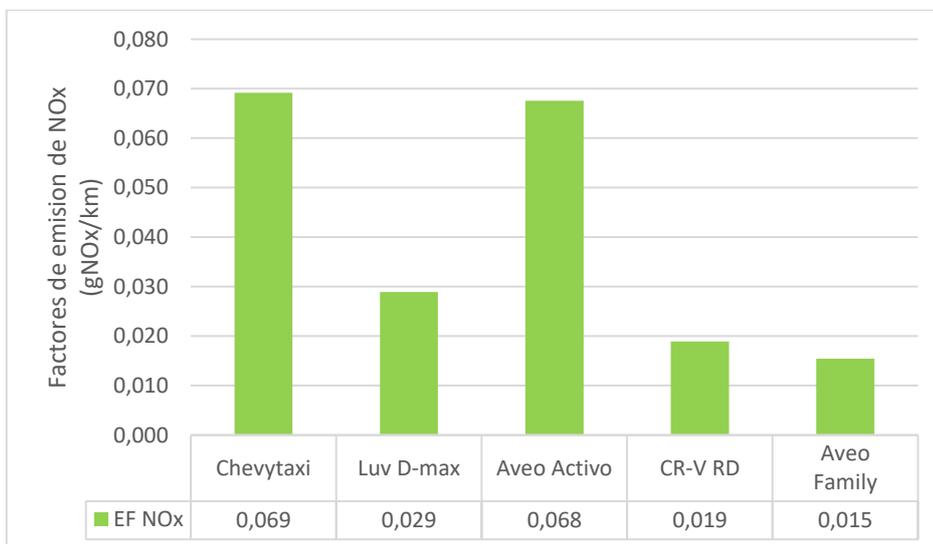


Gráfico 15-3: Factores de emisión de NOx de los vehículos en Carretera

Realizado por: Autor

Como se puede apreciar en los gráficos el vehículo que emitió mayor cantidad de gases contaminantes al ambiente es el vehículo Aveo Activo.

3.3.3 Consumo de combustible

En la Tabla 9-3 se puede apreciar los valores de consumo de combustible de cada uno de los vehículos en las pruebas realizadas en carretera.

Tabla 9-3: Consumo de combustible de los vehículos en Carretera

MARCA	MODELO	RUTA	Consumo	Tiempo de Prueba	Distancia de viaje	Combustible Utilizado
			l/km	s	km	gal
Chevrolet	Chevytaxi	Carretera	0,0751	15300	219,7297	5,2116
Chevrolet	Luv D-max	Carretera	0,0572	13406	206,1780	3,1147
Chevrolet	Aveo Activo	Carretera	0,0734	15204	211,5772	5,3385
Honda	CR-V RD	Carretera	0,0523	11809	180,0644	3,0071
Chevrolet	Aveo Family	Carretera	0,0753	15255	206,3369	4,6595

Realizado por: Autor

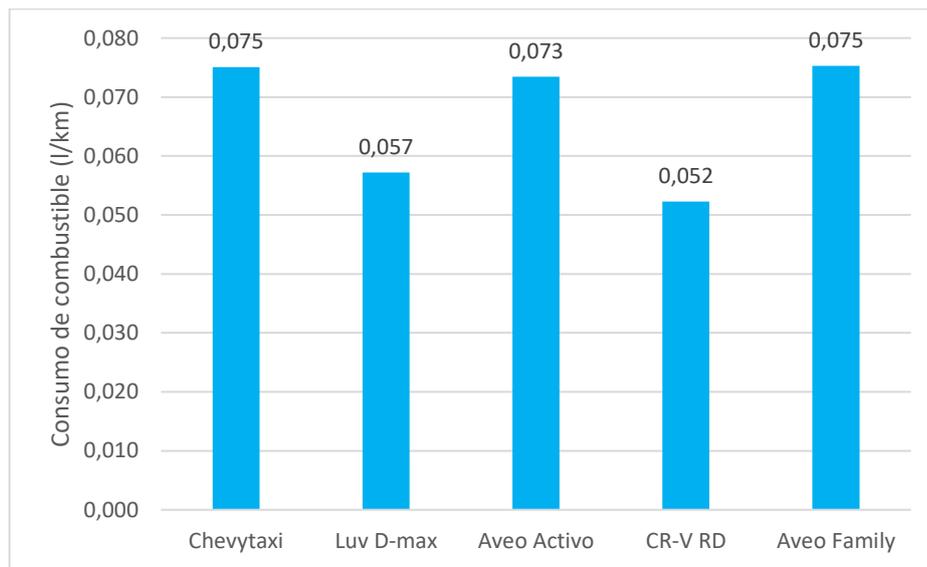


Gráfico 16-3: Consumo de combustible de los vehículos en Carretera

Realizado por: Autor

3.4 Análisis comparativo de resultados en Ciudad y Carretera

3.4.1 Factores de emisión

Análisis comparativo de los factores de emisión en ruta ciudad y carretera.

Tabla 10-3: Factores de emisión de los vehículos en Ciudad y Carretera

MODELO	RUTA	Consumo	EF CO2	EF CO	EF HC	EF NOx
		l/km	gCO/km	gCO/km	gHC/km	gNOx/km
Chevytaxi	Ciudad	0,1889	230,351	1,303	0,056	0,031
	Carretera	0,0750	116,037	0,629	0,028	0,069
Luv D-max	Ciudad	0,2247	38,319	1,145	0,060	0,087
	Carretera	0,0571	21,274	0,092	0,006	0,029
Aveo Activo	Ciudad	0,1771	176,018	1,553	0,103	0,011
	Carretera	0,0734	119,724	0,852	0,071	0,068
CRV-V RD	Ciudad	0,0980	140,971	0,406	0,041	0,015
	Carretera	0,0522	72,798	0,260	0,026	0,019
Aveo Family	Ciudad	0,1450	195,337	0,184	0,047	0,012
	Carretera	0,0752	117,366	0,126	0,015	0,015

Realizado por: Autor

En el Gráfico 17-3 se puede apreciar los factores de emisión de CO₂, en donde se puede ver que los factores de emisión cuando los vehículos se encuentran en ciudad son más altos que los factores de emisión cuando los vehículos se encuentran en carretera, siendo el vehículo con motor a diésel el que emite menos cantidad de CO₂ al ambiente.

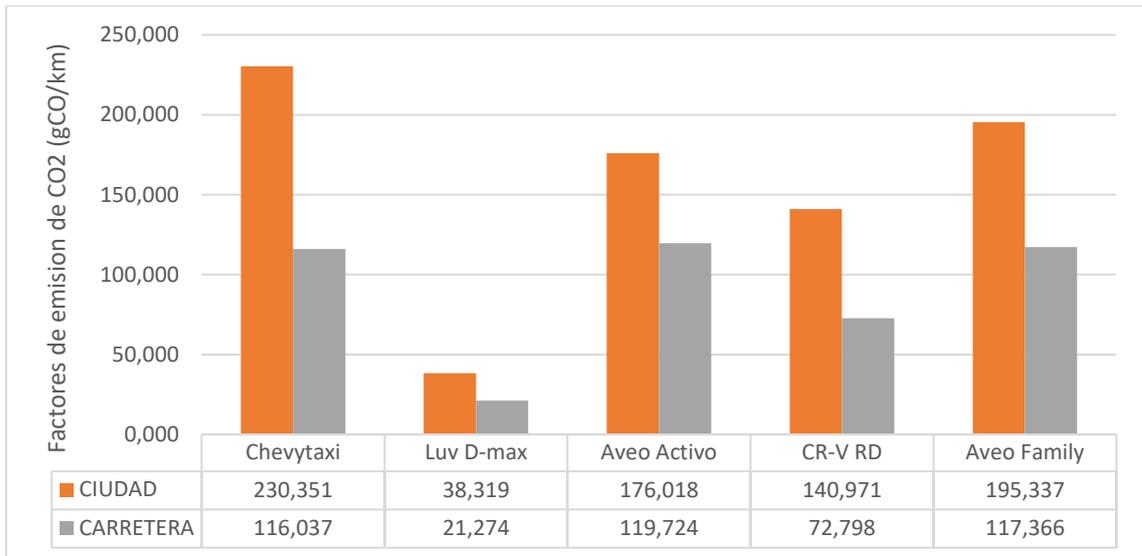


Gráfico 17-3: Comparación de factores de emisión de CO2 en Ciudad y Carretera

Realizado por: Autor

En el Gráfico 18-3. se puede apreciar los factores de emisión de monóxido de carbono CO, en donde se puede ver que los factores de emisión cuando los vehículos se encuentran en ciudad son más altos que los factores de emisión cuando los vehículos se encuentran en carretera, evidenciando que el vehículo a diésel es el que más afecta en eventos de tráfico en cuanto al aumento de emisiones.

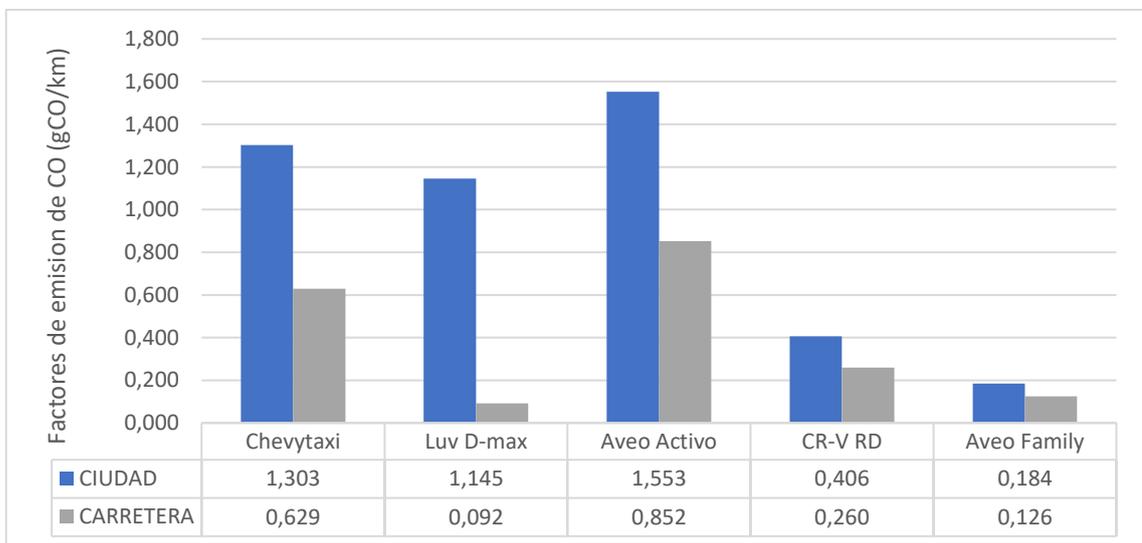


Gráfico 18-3: Comparación de factores de emisión de CO en Ciudad y Carretera

Realizado por: Autor

En el Gráfico 19-3. se presenta los factores de emisión de Hidrocarburos HC en donde al igual que los factores de emisión de CO son mucho más altos cuando los vehículos se encuentran en ciudad

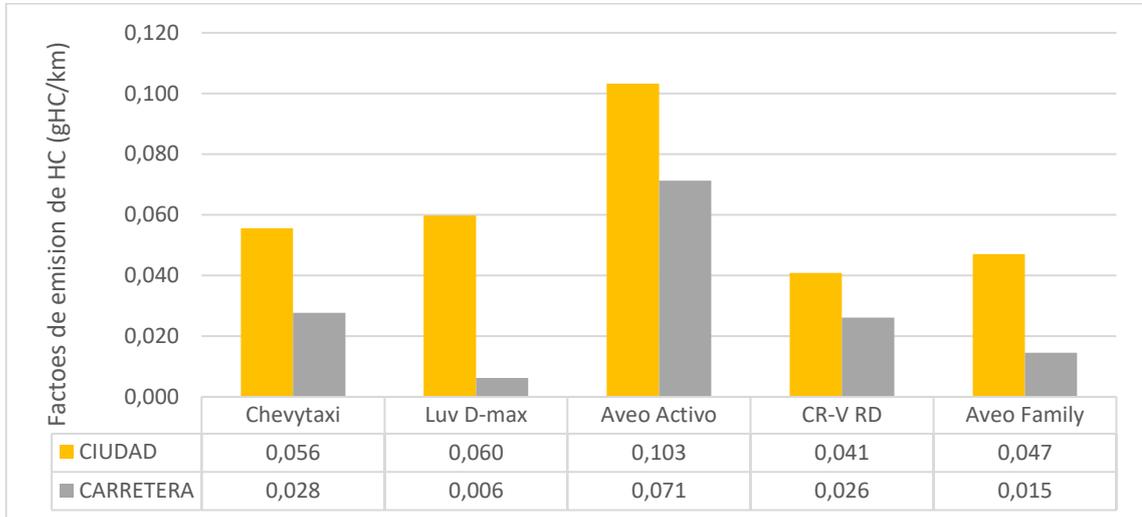


Gráfico 19-3: Comparación de factores de emisión de HC en Ciudad y Carretera

Realizado por: Autor

En el Gráfico 20-3, se indican los factores de emisión de NOx, en donde se puede apreciar que el factor de emisión del vehículo Chevrolet D-max que tiene motor a diésel resulta más alto en la prueba realizada en ciudad, sin embargo, el factor de emisión de NOx de los vehículos a gasolina se comporta de manera inversa a los otros componentes de emisiones presentando valores más altos en la prueba realizada en carretera.

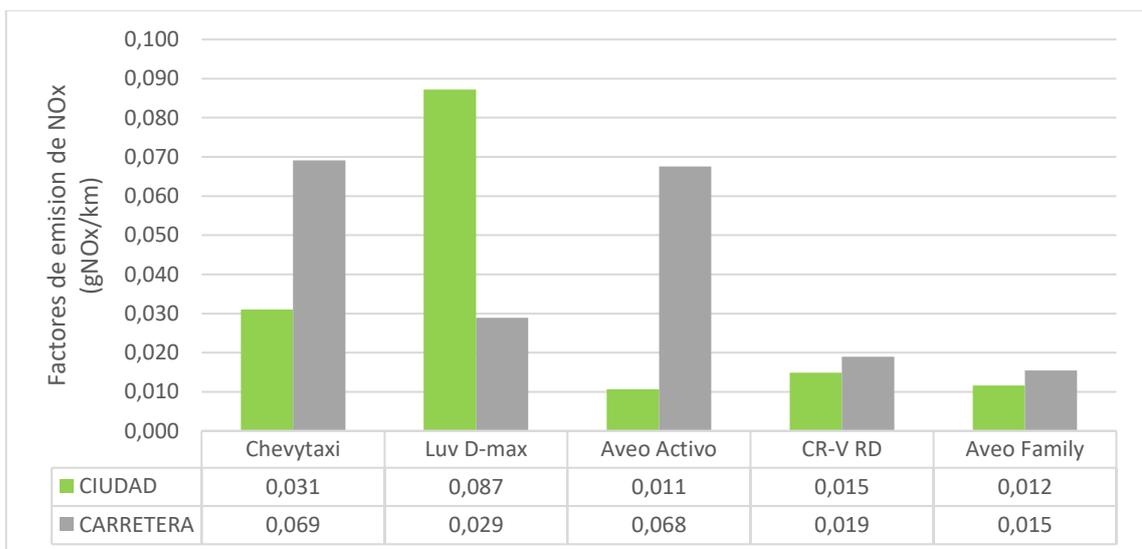


Gráfico 20-3: Comparación de factores de emisión de NOx en Ciudad y Carretera

Realizado por: Autor

3.4.2 Consumo de combustible

Tabla 11-3: Consumo de combustible de los vehículos en Ciudad y Carretera

MODELO	RUTA	Consumo	Tiempo de Prueba	Distancia de viaje	Combustible Utilizado
		l/km	s	km	gal
Chevytaxi	Ciudad	0,1889	15195	48,0058	2,2952
	Carretera	0,0751	15300	219,7297	5,2116
Luv D-max	Ciudad	0,2247	13795	48,5972	2,8853
	Carretera	0,0572	13406	206,1780	3,1147
Aveo Activo	Ciudad	0,1771	15428	45,4949	2,0926
	Carretera	0,0734	15204	211,5772	5,3385
CR-V RD	Ciudad	0,0980	9270	35,9983	0,9935
	Carretera	0,0523	11809	180,0644	3,0071
Aveo Family	Ciudad	0,1451	15036	51,7936	2,0020
	Carretera	0,0753	15255	206,3369	4,6595

Realizado por: Autor

En el Gráfico 21-3. Se puede visualizar la comparación del consumo de combustible de la prueba en ciudad y en carretera en donde se evidencia claramente que cuando se conduce en ciudad en un estado de tráfico vehicular, existe un notable consumo de combustible.

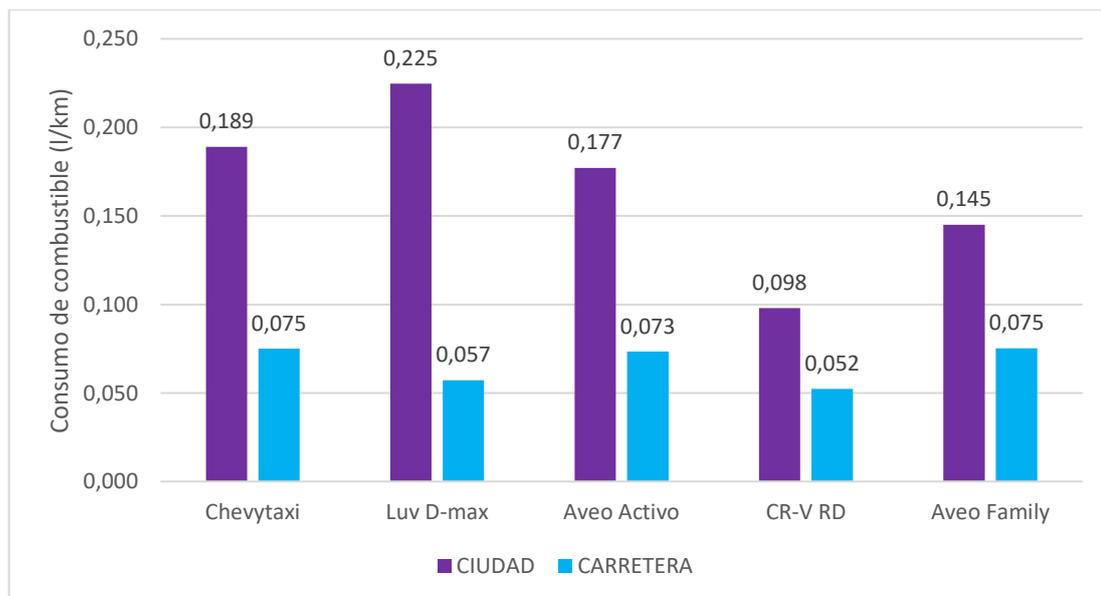


Gráfico 21-3: Comparación de consumo de combustible de vehículos en Ciudad y Carretera

Realizado por: Autor

3.4.3 Distancia y Tiempos de Viaje

Además de las emisiones contaminantes se realizó un análisis de la distancia recorrida y tiempos de viaje, en donde se puede evidenciar que en carretera se alcanzó mayor distancia recorrida en el mismo tiempo de prueba y con menor consumo de combustible como se puede visualizar en el Gráfico 22-3.

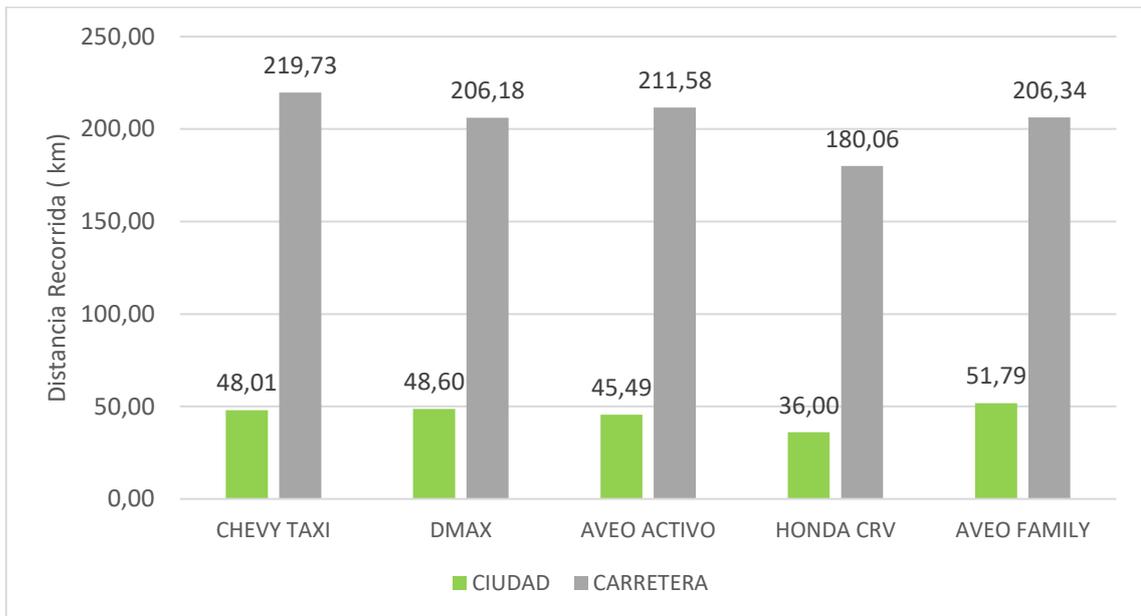


Gráfico 22-3: Comparación de distancia recorrida en pruebas en ciudad y carretera

Realizado por: Autor

De la misma manera se pudo evidenciar que en las pruebas realizadas en ciudad se tiene mayores tiempos en los que el vehículo permanece estacionario y sin movilizarse, es decir que se genera mayores pérdidas de tiempo Gráfico 23-3, A diferencia de las pruebas en carretera en donde se presentan menos tiempo que el vehículo permanece estacionario y mayor tiempo y movilidad, Gráfico 24-3.

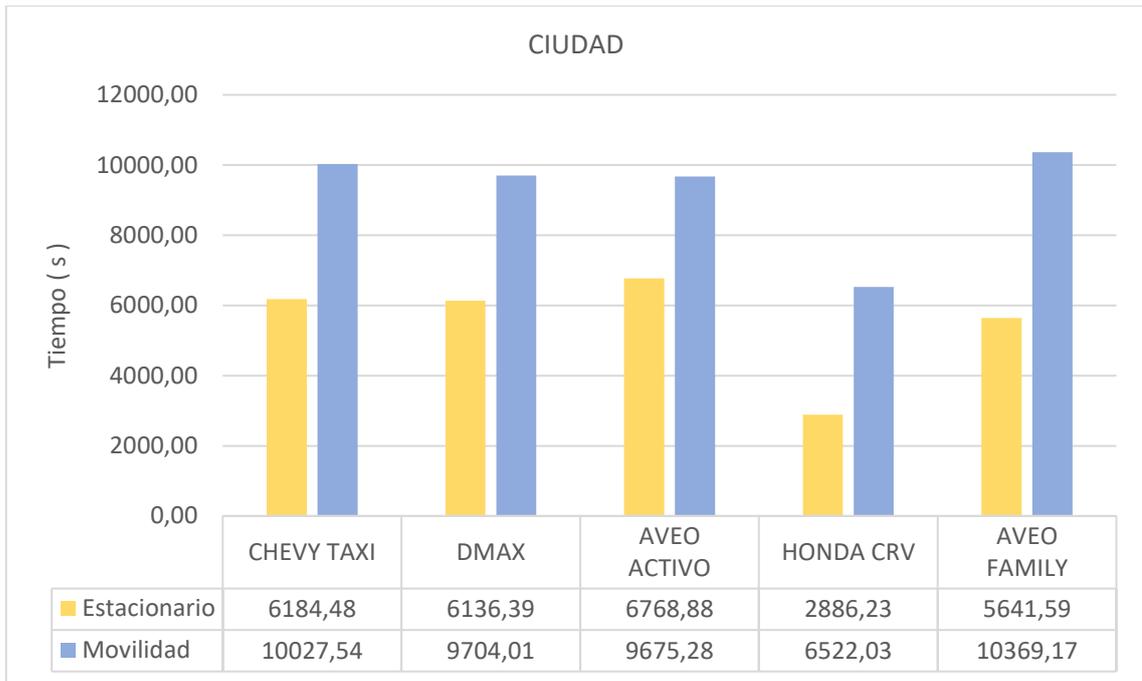


Gráfico 23-3: Tiempos estacionarios y de movilidad en las pruebas en Ciudad

Realizado por: Autor

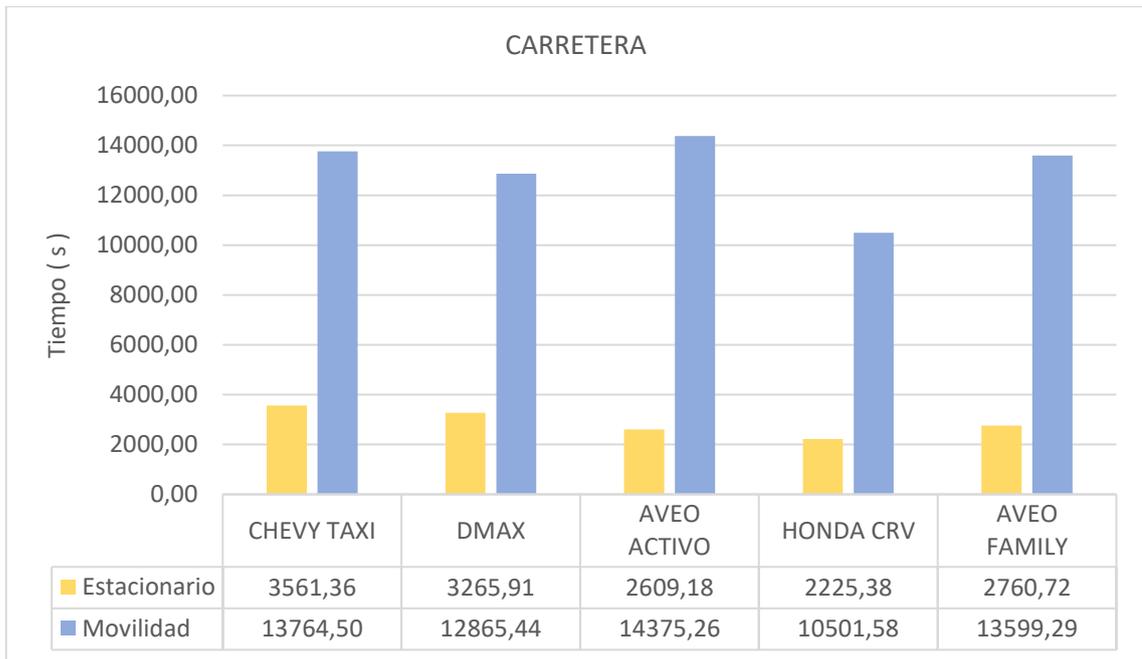


Gráfico 24-3: Tiempos estacionarios y de movilidad en las pruebas en Carretera

Realizado por: Autor

CONCLUSIONES

El análisis de gases con prueba dinámica a bordo ha permitido determinar cuáles son los niveles de emisiones tanto en ciudad como en carretera además de percibir los parámetros de funcionamiento y ciclo de conducción de los vehículos y en ambos ámbitos.

Se cumplió con el objetivo de la investigación, determinando la concentración de emisiones contaminantes y los factores de emisión de los vehículos sometidos a prueba en eventos de tráfico en ciudad y carretera.

En las pruebas realizadas en ciudad se pudo evidenciar un incremento de consumo de combustible de 44,4% en vehículos a gasolina, y en el vehículo a Diesel un incremento de consumo de 74,5% con respecto a las pruebas en carretera.

Respecto a las emisiones en ciudad se observó en los vehículos a gasolina un incremento de 47,4% de CO, 39,9% de HC, 42,5% de CO₂ y un decremento de 64,6% de NO_x con respecto a las pruebas en carretera. Y en el vehículo a diésel se observó un incremento de 91,9% de CO, 89,5% de HC, 66,8% de NO_x y 44,4% de CO₂.

La concentración de emisiones más alta se presentó en zonas urbanas cuando existe mayor tráfico vehicular en donde el ciclo de conducción se vuelve lento y agresivo elevando los niveles de emisión de gases de escape al conducir a bajas velocidades.

El tráfico vehicular genera pérdidas económicas disminuyendo el tiempo productivo y aumentando el consumo de combustible con menos distancia recorrida, además elevando los niveles de emisión generado graves problemas ambientales.

RECOMENDACIONES

Para la selección de vehículos de prueba se recomienda tomar en cuenta la compatibilidad de los protocolos de comunicación del dispositivo OBDII y realizar la selección de los parámetros necesarios para evitar datos innecesarios en la información guardada.

Al momento de realizar las pruebas a bordo se recomienda sujetar correctamente la sonda del analizador con el tubo de escape para evitar la desconexión o vibraciones que afecten a la medición, además de colocar un filtro para evitar el paso de líquido al equipo analizador.

Antes de realizar las pruebas se recomienda calibrar el equipo analizador de gases para evitar errores en los resultados de medición y obtener resultados confiables en la concentración de emisiones de cada contaminante.

BIBLIOGRAFÍA

AEADE. Anuario 2019 [En línea] 2019. <https://www.aeade.net/anuario/>.

ALBÁN, Edwin, & LÓPEZ, Jonny. Desarrollo y validación de método para la determinación de factores de emisión vehicular mediante pruebas a bordo en la ciudad de Quito (Trabajo de titulación) (Pre-grado). Escuela Politécnica Nacional. Quito, Ecuador. 2010 [Consulta: 5 de noviembre de 2020]. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/2514>.

E-AUTO. *Sistema de Control de Emisiones por Evaporación EVAP.* Mexico [En línea]. <http://www.e-auto.com.mx/enev/index.php/85-boletines-tecnicos/7138-sistema-de-control-de-emisiones-por-evaporacion-evap>.

EI COMERCIO. *Investigación mundial sobre movilidad ubica a Quito en el puesto 26 entre 200 ciudades con más problemas de tráfico.* [En línea] 21 de Febrero de 2019. <https://www.elcomercio.com/actualidad/congestion-vehicular-ranking-movilidad-amt.html>.

GABRIEL, Juan. *Emisiones del automóvil.* [En línea] 2 de Mayo de 2018. Disponible en: <https://blog.centralderecambios.com/sabias-que-automocion/emisiones-del-automovil/>.

GRANELL, Alicia. *¿Qué tipos de motores existen y cuáles son sus características?.* [En línea] 13 de Enero de 2015. <https://www.ro-des.com/blog/tipos-de-motores-y-sus-caracteristicas/>.

INEC. *El parque automotor de Ecuador creció 57% en cinco años.* [En línea] 9 de Diciembre de 2016. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/el-parque-automotor-de-ecuador-crecio-57-en-cinco-anos/>.

LA HORA. *Parque automotor crece en Ambato* [Fotografía]. [En línea] 5 de Julio de 2017. <https://lahora.com.ec/tungurahua/noticia/1102081807/parque-automotor-crece-en-ambato->.

MACHACA, Arnold. *Análisis y diseño de un Sistema de Control de Tráfico Vehicular Utilizando Semáforos Inteligentes con Tecnología Arduino* (Tesis) (Pre-grado). Universidad Nacional del Altiplano Puno. Puno, Peru. 2016. [Consulta: 12 de noviembre de 2020]. Disponible en: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/1767>

MANUALES DE MECÁNICA AUTOMOTRIZ. 2019. *Válvula PCV descripción funcionamiento.* [En línea] 17 de Abril de 2019. <http://manualesautomotrizperu.blogspot.com/2019/04/sabes-como-funciona-la-valvula-de.html>.

MARTINEZ, Albert. *Motores de combustión interna* [En línea] Sant Celoni-Cataluña. 2007 [Consulta: 30 de noviembre de 2020]. Disponible en: https://www.academia.edu/download/56005885/Motores_de_combustion_interna.pdf

MATEOS, Juan. *Válvula EGR: qué es, cómo funciona, averías y de qué tipos existen.* [En línea] 8 de Julio de 2020. <https://www.autofacil.es/tecnica/2020/07/08/valvula-egr-funciona-averias-tipos/57339.html>.

MORENO, Angel. *Curso Motores de combustión.* [En línea] 02 de Mayo de 2005.[Consulta: 28 de octubre de 2020] <http://imagenes.mailxmail.com/cursos/pdf/9/motores-combustion-interna-6689-completo.pdf>.

MOTORPASIÓN. *España, donde la fabricación de motores y cajas de cambio navega viento en popa.* [En línea] 26 de Enero de 2016. <https://www.motorpasion.com/industria/fabricacion-motores-cajas-cambio-espana-2015-anfac>.

MUNDOAUTOMOTRIZ.TECH. *El sistema de inyección.* [En línea] [Consulta: 26 de octubre de 2020]. [Consulta: 30 de octubre de 2020]. <https://www.mundoautomotriz.tech/obd2/sistema-de-inyeccion/>.

MUNDOCHERY.COM. *El catalizador: qué es y cómo saber si está fallando este dispositivo.* [En línea] 30 de Marzo de 2017. [Consulta: 29 de octubre de 2020]. <https://www.mundochery.com/index.php?topic=7573.0>.

MUNDOMOTOR. *Sistema de encendido Dis: Componentes, funcionamiento, y más.* [En línea] [4 de noviembre de 2020]. <https://www.mundodelmotor.net/sistema-de-encendido-dis/>.

NTE INEN 2204:2002. *Gestión Ambiental. Aire. Vehículos Automotores. Límites Permitidos de Emisiones Producidas por Fuentes Móviles Terrestres de Gasolina.*

NTE INEN 2207:2002. *Gestión Ambiental. Aire. Vehículos Automotores. Límites Permitidos de Emisiones Producidas por Fuentes Móviles Terrestres de Diesel.*

PALACIOS , Elvira, & ESPINOZA, Claudia. 2014. "Contaminación del aire exterior Cuenca - Ecuador, 2009 - 2013. Posibles efectos en la salud". Revista de la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad de Cuenca.[En línea], 2014, (Ecuador) 32(2), pp. 12-17. [Consulta: 21 de octubre de 2020]. ISSN 2661-6777. Disponible en: <https://publicaciones.ucuenca.edu.ec/ojs/index.php/medicina/article/view/883>

RECALDE, Mauricio, & REVELO, Romel. Análisis de emisiones en vehiculos a gasolina utilizando pruebas estacionaria y dinámica mediante el ciclo IM-240 (Tesis) (Maestría). Escuela Politécnica Nacional. Quito, Ecuador. 2015. pp. 26-31. [Consulta: 8 de diciembre de 2020]. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/11925>

RICHARD, Vogel. *Atascado y estresado: cómo afecta el tráfico a tu salud* [Fotografía]. [En línea] 2019. <https://www.nytimes.com/es/2019/02/07/espanol/consecuencias-trafico-salud.html>.

ROCHA, J, y Varios. "Análisis de Gases del Motor de un Vehículo a través de Pruebas Estáticas y Dinámicas". Revista Ciencia UNEMI. [En línea], 2018, (Ecuador) 11(28), pp. 97-108. [Consulta: 9 de noviembre de 2020]. ISSN 1390-4272. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6895263>

ROVIRA, Antonio, & MUÑOZ, Marta. *Motores de combustión interna.* Madrid, España: UNED, 2015.

TALLERES Y REPUESTOS. *Unidad electrónica de control ECU.* [En línea] <https://talleresyrepuestos.com/documentacion-tecnica/mantenimiento-del-motor/614-unidad-electronica-de-control-ecu>.

TOBAR, Neiron. Análisis de causalidad de congestión vehicular de la ciudad de Santa Marta. (Tesis) (Pre-grado). Universidad Cooperativa de Colombia. Santa Marta, Colombia. 2018. pp. 8-9.

TRANSPORTE.MX. *El sensor de oxígeno y lo que debes saber.* [En línea] 12 de Septiembre de 2019. <https://www.transporte.mx/el-sensor-de-oxigeno-y-lo-que-debes-saber/>.

URBINA, Andrés. Comparación de factores de emisión vehicular al utilizar ciclos de conducción IM240 y on board en la ciudad de Quito (Tesis) (Maestría). Escuela Politécnica Nacional. Quito, Ecuador. 2016 [Consulta: 16 de noviembre de 2020]. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/15097>

VARGAS, Francisco. "La contaminación ambiental como factor determinante de la salud". *Revista Española de Salud Pública*, vol. 79, n° 2 (2005), (España) pp 117-127.

VÁZQUES, M, y otros. 2011. *Problemática del Trafico Vehicular* [En línea] Guadalajara-Mexico. 2011. [Consulta: 18 de noviembre de 2020]. Disponible en: <https://traficovehicularsibd.weebly.com/extras.html>