



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**“ANÁLISIS DEL CONSUMO Y FACTORES DE EMISIONES
REALES GENERADOS POR VEHÍCULOS LIVIANOS A
GASOLINA BAJO UN CICLO DE CONDUCCIÓN URBANO DE LA
CIUDAD DE RIOBAMBA MEDIANTE PRUEBAS DINÁMICAS
CON ALMACENAMIENTO DE DATOS EN LA NUBE.”**

Trabajo de titulación:

Tipo: Trabajo Experimental

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

AUTORES: JOSÉ JULIÁN CRUZ CANTOS

CHRISTIAN RICARDO ALOMALIZA CRUZ

DIRECTOR: Ing. PAÚL ALEJANDRO MONTÚFAR PAZ

Riobamba - Ecuador

2020

©2020, José Julián Cruz Cantos; & Christian Ricardo Alomaliza Cruz

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

Nosotros, José Julián Cruz Cantos Y Christian Ricardo Alomaliza Cruz, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y que los resultados de este son auténticos y originales. Los textos que constan en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal de los contenidos de este trabajo de titulación;
El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

Riobamba, 3 de julio 2020



José Julián Cruz Cantos

0927267278



Christian Ricardo Alomaliza Cruz

1804437760

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

El tribunal de trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación: Tipo: Trabajo experimental, **ANÁLISIS DEL CONSUMO Y FACTORES DE EMISIONES REALES GENERADOS POR VEHÍCULOS LIVIANOS A GASOLINA BAJO UN CICLO DE CONDUCCIÓN URBANO DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA MEDIANTE PRUEBAS DINÁMICAS CON ALMACENAMIENTO DE DATOS EN LA NUBE**, realizado por los señores: **JOSÉ JULIÁN CRUZ CANTOS; CHRISTIAN RICARDO ALOMALIZA CRUZ**, ha sido minuciosamente revisados por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, el tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

| FIRMA | FECHA |
|---|------------------------------|
| Ing. José Francisco Pérez Fiallos PRESIDENTE DEL TRIBUNAL _____ | Año/mes/día 2020/Julio/03 |
| Ing. Paúl Alejandro Montúfar Paz DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACION _____ | 2020/Julio/03 |
| Ing. Wilson Javier Villagrán Carrasco MIEMBRO DE TRIBUNAL _____ | 2020/Julio/03 |

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mi madre, por sus sabios consejos que han regido mis decisiones encaminándome siempre para bien. A mi padre y hermanos por haber sido mi apoyo a lo largo de toda mi carrera universitaria y a lo largo de mi vida. A mi esposa y a mi hijo quien es el V8 que me mueve.

Julián

El presente trabajo de titulación es dedicado para mi esposa e hija, quienes son el motivo y la razón de seguir a delante, de ser más fuerte espiritual y emocionalmente.

A mi familia y personas especiales que apoyaron con un granito de arena en momentos difíciles para perseverar y alcanzar mí meta.

Christian

AGRADECIMIENTOS

La familia es amor, es entrega y es la imagen en otros, de lo que se encuentra en nosotros. Si nuestra familia inculca amor, nosotros reproduciremos y generaremos amor en otros.

Le doy gracias a mi familia, a la vida, al grupo de amigos y conocidos que me permitieron disfrutar de cada uno de los momentos en mi carrera universitaria, por cada momento, bueno o malo, porque al final de cuenta puedo afirmar que disfruté y aprendí de todos.

Julián

Agradezco a Dios por la vida y salud que me ha regalado y por permitirme concluir con mi objetivo universitario.

A mis padres que fueron, son y serán mi apoyo incondicional durante mi vida cotidiana, sin ellos este logro no sería posible, y muchos de mis sueños serían inalcanzables. Sus sabios consejos como padre y madre forjaron en mí la responsabilidad, perseverancia para ser mejor persona y entablar mis principios como profesional.

Christian

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|------------------------|-----|
| INDICE DE TABLAS..... | ix |
| INDICE DE FIGURAS..... | xi |
| INDICE DE ANEXOS..... | xii |
| RESUMEN..... | xii |
| ABSTRACT..... | xiv |
| INTRODUCCIÓN..... | 1 |

CAPITULO I

| | |
|--|-----------|
| 1. MARCO TEÓRICO..... | 5 |
| 1.1. La historia del automóvil | 5 |
| 1.2. Motor de combustión interna | 6 |
| <i>1.2.1. Motor de encendido provocado (MEP)</i> | <i>6</i> |
| <i>1.2.2. Motores de encendido por compresión (MEC)</i> | <i>7</i> |
| 1.3. Principio termodinámico de un motor de combustión interna | 8 |
| <i>1.3.1. Ciclo Otto</i> | <i>8</i> |
| 1.4. Análisis de gases..... | 9 |
| <i>1.4.1. Gases inofensivos.....</i> | <i>10</i> |
| <i>1.4.2. Gases nocivos.....</i> | <i>10</i> |
| <i>1.4.3. Emisiones de CO₂ en el Ecuador</i> | <i>12</i> |
| 1.5. La inyección electrónica..... | 12 |
| <i>1.5.1. Relación ideal-Sonda Lambda</i> | <i>13</i> |
| <i>1.6.1. Método para medición de emisiones estáticos</i> | <i>15</i> |
| <i>1.6.2. Método para medición de emisiones dinámico</i> | <i>16</i> |
| 1.7. Ciclos de conducción: Herramienta para medición de emisiones contaminantes | 17 |
| <i>1.7.1. Ciclos de conducción legislativo</i> | <i>18</i> |
| <i>1.7.2. Ciclos de conducción no legislativos</i> | <i>18</i> |

CAPÍTULO II

| | |
|-----------------------------------|-----------|
| 2. MARCO METODOLÓGICO..... | 19 |
|-----------------------------------|-----------|

| | | |
|----------------|---|----|
| 2.1. | Esquema investigativo | 19 |
| 2.2. | Enfoque de la investigación | 20 |
| 2.3. | Tipo de investigación | 20 |
| 2.4. | Desarrollo | 20 |
| 2.4.1. | <i>Información preliminar</i> | 20 |
| 2.4.2. | <i>Ciclos de conducción por microciclos</i> | 21 |
| 2.4.3. | <i>Vehículos de prueba</i> | 22 |
| 2.4.4. | <i>Instrumentación para análisis de gases</i> | 23 |
| 2.4.5. | <i>Método de utilización del MAHA MET 6.3</i> | 24 |
| 2.4.6. | <i>Medidor de RPM AVL DITEST SPEED 2000</i> | 25 |
| 2.4.7. | <i>ELM327</i> | 26 |
| 2.4.8. | <i>Torque Pro</i> | 27 |
| 2.4.9. | <i>Metodología de obtención de datos</i> | 28 |
| 2.4.10. | <i>Obtención del ciclo de conducción</i> | 30 |
| 2.4.11. | <i>Cálculo de índice de contaminación</i> | 31 |

CAPÍTULO III

3. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS ¡ERROR!

MARCADOR NO DEFINIDO.33

| | | |
|---------------|---|----|
| 3.1. | Ciclo de conducción | 33 |
| 3.1.1. | <i>Todos los vehículos de prueba</i> | 33 |
| 3.1.2. | <i>Ciclo de conducción para vehículos de 1200-1400 cc</i> | 35 |
| 3.1.3. | <i>Ciclo de conducción para vehículos de 1500-1600 cc</i> | 35 |
| 3.1.4. | <i>Ciclo de conducción para vehículos de 1800-2200 cc</i> | 36 |
| 3.2. | Análisis de correlación | 36 |

CONCLUSIONES.....46

RECOMENDACIONES.....47

GLOSARIO

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

INDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1-1. Gases provenientes de la combustión. | 10 |
| Tabla 2-1. Característica de gas inofensivo. | 10 |
| Tabla 3-1. Característica de gases nocivos..... | 10 |
| Tabla 4-1. Métodos para medición de emisiones estáticos. | 15 |
| Tabla 5-1. Métodos para medición de emisiones estáticos. | 16 |
| Tabla 1-2. Vehículos de prueba..... | 22 |
| Tabla 1-3. Parámetros Característicos..... | 34 |
| Tabla 2-3. Correlación de Pearson CO ₂ | 36 |
| Tabla 3-3. Correlación de Pearson NO _x | 38 |
| Tabla 4-3. Correlación de Pearson HC..... | 39 |
| Tabla 5-3. Correlación de Pearson CO..... | 40 |
| Tabla 6-3. Correlación de Pearson O ₂ | 41 |
| Tabla 7-3. Datos específicos de emisiones contaminantes en los ciclos de conducción..... | 42 |

INDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1-1. Fadier á vapeur de Cugnot | 5 |
| Figura 2-1. Ford T..... | 6 |
| Figura 3-1. Funcionamiento del motor | 6 |
| Figura 4-1. Mezcla heterogénea..... | 7 |
| Figura 5-1. Motor diésel | 8 |
| Figura 6-1. Ciclo Otto ideal | 9 |
| Figura 7-1. Reacción del carburante. | 9 |
| Figura 8-1. Gases en un automóvil | 11 |
| Figura 9-1. Cantidad de CO2 en el Ecuador (CO2 en Mt vs tiempo)..... | 12 |
| Figura 10-1. Industrias provenientes de CO2 en el Ecuador | 12 |
| Figura 11-1. Características del sistema de inyección | 13 |
| Figura 12-1. Sonda Lambda: Mezcla rica y pobre..... | 14 |
| Figura 13-1. Métodos para medición de emisiones | 15 |
| Figura 14-1. Prueba estática..... | 16 |
| Figura 15-1. Prueba dinámica | 17 |
| Figura 16-1. Ciclo de conducción..... | 17 |
| Figura 17-1. Consumo de combustible-Distancia del ciclo de conducción | 17 |
| Figura 18-1. Emisiones de CO2-Distancia del ciclo de conducción..... | 18 |
| Figura 19-1. Ciclo FTP 75 | 18 |
| Figura 20-1. Ciclo NEDC | 19 |
| Figura 1-2. Procedimiento de la investigación..... | 20 |
| Figura 2-2. Información preliminar. | 21 |
| Figura 3-2. Obtención por microciclos | 22 |
| Figura 4-2. Analizador de gases MAHA MET 6.3 | 24 |
| Figura 5-2. Pruebas diales MAHA HET 6.3..... | 25 |
| Figura 6-2. AVL DITEST SPEED 2000..... | 26 |
| Figura 7-2. Sensor DUAL..... | 26 |
| Figura 8-2. ELM 327 | 27 |
| Figura 9-2. Torque Pro..... | 28 |
| Figura 10-2. Correlación positiva | 29 |
| Figura 11-2. Obtención de ciclo de conducción por microciclos..... | 31 |

INDICE DE GRAFICAS

| | |
|---|----|
| Gráfico 1-2. Correlación de Pearson | 30 |
| Gráfico 1-3. Ciclo de conducción para todos los vehículos. | 33 |
| Gráfico 2-3. Ciclo de conducción para vehículos 1200-1400cc..... | 35 |
| Gráfico 3-3. Ciclo de conducción para vehículos 1500-1600cc..... | 35 |
| Gráfico 4-3. Ciclo de conducción para vehículos 1800-2200cc..... | 36 |
| Gráfico 5-3. Tendencia CO ₂ vs Cc | 37 |
| Gráfico 6-3. Tendencia NO _x vs IMP | 39 |
| Gráfico 7-3. Tendencia HC vs Cc | 40 |
| Gráfico 8-3. Tendencia CO vs Cc | 41 |
| Gráfico 9-3. Tendencia O ₂ vs Cc..... | 42 |
| Gráfico 10-3. Cantidad de CO ₂ por cilindrada. | 43 |
| Gráfico 11-3. Cantidad de HC y NO _x por cilindrada..... | 43 |
| Gráfico 12-3. Cantidad de CO, O ₂ , Cc y Distancia por cada cilindrada..... | 44 |
| Gráfico 13-3. Consumo sobrepuesto al ciclo de conducción. | 45 |

INDICE DE ANEXOS

ANEXO A. RUTAS ALEATORIAS DEL CICLO DE CONDUCCIÓN EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA.

ANEXO B. RUTAS ALEATORIAS DEL CICLO DE CONDUCCIÓN EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA.

RESUMEN

El presente trabajo experimental estuvo encomendado a la determinación del consumo de combustible y emisiones contaminantes en vehículos de combustión interna a través de la obtención de ciclos de conducción reales en el parque automotor de la ciudad de Riobamba mediante pruebas dinámicas. Se trabajó con pruebas en ruta de 10 vehículos, lo cuales fueron diferenciados por su cilindraje obteniendo cuatro tipos de ciclos de conducción en un rango de 800 con diferenciación de 60 segundos de tiempo, a través del método de micro ciclos. Las herramientas para obtener los parámetros de consumo y factores de emisión fueron el dispositivo ELM327 y el analizador de gases MAHA NET 6.3 respectivamente, que se mantuvieron correlacionados a través de un análisis de Pearson. Los ciclos de conducción presentaron un consumo de 0,42 litros a 0,915 litros por ciclo; los automóviles de mayor cilindraje presentan la mayor de tasa de cantidad de dióxido de carbono: 400-450 g/km, por ende; se expone una correlación directa del consumo de combustible con la generación de CO₂. Los resultados determinaron que la ciudad presenta altos niveles de emisiones contaminantes por ciclo de conducción y una conducción agresiva que es proveniente del tipo de manejo y el esquema de la urbe para lo que se sugiere realizar rediseños en análisis revisión vehicular, y manejo de tránsito en la ciudad para evitar futuros daños medio-ambientales para el pueblo riobambeño.

Palabras clave: <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <CONSUMO DE COMBUSTIBLE>, <EMISIONES CONTAMINANTES>, <CICLO DE CONDUCCIÓN>, <CORRELACIÓN DE PEARSON>.



26/01/2021

0580-DBRAI-UPT-2021

ABSTRACT

This experimental work was entrusted to the determination of fuel consumption and pollutant emissions in internal combustion vehicles through obtaining real driving cycles in the car fleet of Riobamba city through dynamic tests. Working with road tests of 10 vehicles, which were differentiated by their cylinder capacity, obtaining four types of driving cycles in a range of 800 with differentiation of 60 seconds of time, through the micro-cycle method. The tools to obtain the consumption parameters and emission factors were ELM327 and MAHA NET 6.3 gas analyzer, respectively, which were correlated through a Pearson analysis. The driving cycles showed a consumption of 0.42 liters to 0.915 liters per cycle; cars with the largest displacement have the highest amount of carbon dioxide: 400-450 g / km, therefore; a direct correlation of fuel consumption with the generation of CO₂ is presented. The results determined that the city has high levels of pollutant emissions per driving cycle and aggressive driving which is derived from the type of driving and the scheme of the city, for which it is suggested to carry out redesigns in vehicle review analysis and traffic management in the city to avoid future environmental damage for the people of Riobamba.

Keywords: <ENGINEERING SCIENCE AND TECHNOLOGY>, <FUEL CONSUMPTION>, <POLLUTING EMISSIONS>, <DRIVING CYCLE>, <PEARSON CORRELATION>.

INTRODUCCIÓN

El parque automotor a nivel internacional presenta la problemática del manejo de combustible, proveniente de productos fósiles, y la contaminación ambiental proveniente de los procesos de combustión que se realizan para la obtención de energía mecánica que influye en el movimiento de los transportes públicos y privados.

A nivel local, el Ecuador, presenta un progresivo crecimiento vehicular, por lo cual, las grandes ciudades del país optan por el manejo del tráfico vehicular, que influye en el control de emisiones de gases contaminantes.

El estado ecuatoriano reconoce el plan de buen vivir, con lo que otorga el derecho al desarrollo económico y social en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, *sumak kawsay*.

El estudio de consumo de combustible y emisiones contaminantes a través de ciclos de conducción otorga la posibilidad de informar a la sociedad las particularidades reales que se provocan por las formas de conducción. A nivel mundial, el ciclo de conducción influye en la homologación de vehículos y las normativas para control de emisiones contaminantes.

La ciudad de Riobamba debe optar por un plan de control de emisiones contaminantes, lo cual gestione la calidad de aire e influya en los problemas de contaminación en la localidad. Con la presente investigación, se provee informar la situación real del impacto ambiental por las condiciones de conducción del parque automotor, para que el Gobierno Autónomo Descentralizado de la ciudad busque estrategias para mitigar el impacto ambiental.

Antecedentes

Después de la revolución industrial emitida a nivel mundial en 1760, el hombre utilizó los recursos naturales de manera económica, sin manifestar importancia sobre el campo ambiental, lo cual produce un desequilibrio físico y biológico en la atmósfera, alterando los ciclos biogeoquímicos del ecosistema natural. (CARNICER, 2007)

Según la OMS (Organización Mundial de la Salud), el material particulado (MP) de diez micrómetros de diámetro o inferior (PM10, PM2.5), puede alcanzar pequeños vasos sanguíneos del pulmón (paredes de alvéolos), lugar donde se produce el intercambio de gases de la respiración, por lo cual, estos gases pueden inferir directamente en la sangre perjudicando a la salud humana. (CABALLERO, 2011)

(SORTAGO, 2016), anuncia más del 80% de personas que habitan en zonas urbanas tienden a respirar aire contaminado que pueden provocar infartos cerebrales o enfermedades respiratorias crónicas. En el 2012 y 2013, el Ecuador presenta a la ciudad con más altos niveles de PM2.5 siendo Santo Domingo de los Tsáchilas; ciudad que enlaza la Costa y Sierra ecuatoriana. No obstante el problema no se libra para una ciudad como Riobamba para los actuales días.

El tráfico cambia permanentemente por diferentes factores que engloban el crecimiento poblacional de una localidad, por lo cual, la forma de conducir de una ciudad es dinámica. Es decir, la conducción de un usuario cambia conforme el parque automotor va en continuo crecimiento, motivo por el cual, se debe actualizar y manejar al ciclo de conducción para homologación de vehículos, medición de consumo y emisiones contaminantes, como otras actividades. (GONZÁLEZ, 2005)

La ciudad de Riobamba, ha sido brevemente estudiada en el consumo de combustible segundo a segundo en un ciclo de conducción para la localidad. Sin embargo, el estudio de las emisiones contaminantes que emiten los automóviles es otro motivo de relevancia, ya que el manejo del consumo de combustible opta por una corrección de la entrada de la mezcla aire-combustible, y las emisiones contaminantes por una recirculación de gases o a su vez, nuevas tecnologías de control de emisiones, por lo cual, los dos análisis permiten generar políticas de control para una mejor calidad de aire y un correcto manejo de carburantes.

El análisis de gases con datos reales permite verificar el estado de la combustión, observar el comportamiento de gases, como el CO, CO₂, NO_x, material particulado (PM) y la relevancia de los mismos dentro de un ciclo de conducción, por lo cual, los distritos que rigen el tránsito y transporte público de la ciudad de Riobamba deben hacer énfasis en el estado del aire que respira la gente de su localidad y en el control del tránsito que opera la ciudad.

Planteamiento del Problema

Existen dos amenazas ambientales que acarrearán a nivel mundial por el alto consumo de elementos pétreos para satisfacer las necesidades energéticas mundiales, la primera es la deforestación ambiental provocada por el hombre para la extracción de elementos minerales y la segunda, son los gases de invernadero provocados por la combustión incompleta de los combustibles. (GARCÍA ALEXANDER, 2016)

En Ecuador, la contaminación atmosférica urbana es generada principalmente por la flota vehicular, que por mala calidad de combustible, al momento de realizar la explosión en los motores de combustión interna, se generan emisiones contaminantes que son la fuente primordial de la contaminación del aire. (FONTAINE F, 2008)

El control de emisiones u homologación vehicular para los automóviles que ingresan al país se basa en una prueba estática de análisis de gases contaminantes, pero dicha prueba es un estimativo muy general, el cual no refleja los factores de emisiones reales ni el consumo de dicho vehículo. Aun con una prueba realizada en un banco dinamométrico de chasis se omiten algunos factores que están presentes en una condición de manejo real, lo cual a través de la aplicación de un ciclo de manejo que se adapte a las condiciones de la ciudad de Riobamba permitirá obtener datos más cercanos a la realidad de cuánto consume y la cantidad de emisiones que generan los vehículos en el centro de la urbe riobambeña.

Justificación

El presente trabajo experimental en la zona urbana de Riobamba permite establecer las emisiones contaminantes provenientes del campo vehicular (HC en ppm, CO en %, NO en ppm), las cuales; inhiben en la salud de la población, perjudicando la calidad del aire que perciben los habitantes.

Mediante la adaptación de un ciclo de conducción urbano para la ciudad de Riobamba a través de la investigación de campo, se pretende determinar el consumo de combustible y emisiones contaminantes mediante métodos experimentales que impliquen datos reales para el estudio de los factores de emisión que influyen en la calidad del aire.

El trabajo experimental se justifica mediante el análisis de los factores de consumo energético y de emisión, que mantiene los vehículos a gasolina que transitan por la ciudad de Riobamba, con la selección de un ciclo de manejo que se adopte a las condiciones geográficas y del tránsito de la localidad. A través de un análisis estadístico segundo a segundo con respecto a la longitud del ciclo de conducción, el estudio será analizado, lo cual es una representación de los factores de consumo y emisión reales para la ciudad de Riobamba.

Objetivos

Objetivo General

Analizar el consumo y factores de emisiones generadas por vehículos livianos a gasolina mediante pruebas dinámicas en un ciclo de conducción urbano de la ciudad de Riobamba para obtener datos reales de la contaminación de gases.

Objetivos Específicos

- Fundamentar conceptos necesarios sobre consumo, emisiones y ciclos de manejo mediante revisión bibliográfica.
- Instrumentar un dispositivo que permita conocer el consumo real de combustible y migrar los datos de forma automática a la nube.
- Validar datos de los equipos a utilizar mediante pruebas en un banco dinamométrico de chasis.
- Seleccionar un ciclo de manejo que se adapte a las condiciones geográficas y del tránsito de la ciudad de Riobamba.
- Realizar pruebas dinámicas para obtener los resultados de consumo y factores de emisión con respecto al ciclo de conducción.

Hipótesis

Hipótesis Nula (H₀):

Una prueba dinámica de un ciclo de manejo no permite conocer valores reales de consumo y emisión de contaminante en los vehículos livianos a gasolina.

Hipótesis alternativa (H₁):

Una prueba dinámica de un ciclo de manejo permite conocer valores reales de consumo y emisión de contaminante en los vehículos livianos a gasolina.

CAPITULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1. La historia del automóvil

El automóvil es un vehículo rodante con al menos cuatro ruedas, de las cuales, dos ruedas son directrices y dos motrices. El sistema de dirección y propulsión son controladas bajo un piloto.

Los primeros vehículos con motor de combustión interna fueron los propulsados a vapor, que no cuentan con una documentación pertinente de su inventor o fecha de creación. (MARCAS, 1999)



Figura 1-1. Favier à vapeur de Cugnot

Realizado por: (MARCAS, 1999)

Mikalaus Otto, en 1876 perfeccionó el motor de combustión interna que patentó en 1861, cuyo motor superó la eficacia del motor de combustión externa a vapor, por lo que fue el nuevo auge en la industria automotriz con el motor de cuatro tiempos. (MARTÍNEZ, 2007)

En 1886, Karl Benz solicitó la patente del vehículo de tres ruedas, conocido como el primer vehículo en el mundo, el cual no poseía techo por la falta de potencia del motor que suministraba el movimiento. Hasta llegar a 1990 donde se produce la evolución de la industria automotriz con nuevos sistemas tecnológicos. El Ford T, fue el punto de inflexión en el mundo automotriz, por el sistema de manufactura que rigió Henry Ford en su industria (el vehículo era producido a medida de pasos en la fábrica). (OVIDIO, 2015)



Figura 2-1. Ford T

Realizado por: (OVIDIO, 2015)

Posteriormente, la industria automotriz tuvo una mejora hasta el día de hoy, donde la evolución de la carrocería, partes y piezas del automóvil han sido el hincapié de cada época. La utilización del internet y nuevas tecnologías han sido la forma de comunicación y de trascendencia donde el mundo automotriz fue evolucionando.

1.2. Motor de combustión interna

El motor de combustión interna es un mecanismo termodinámico, que a través de sus elementos fijos y móviles, convierte la energía química generada por la combustión de un carburante, en energía mecánica que fomenta el movimiento del automóvil. (MARCAS, 1999)

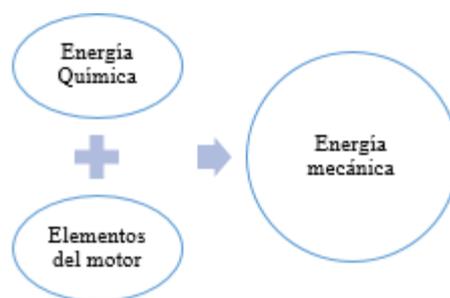


Figura 3-1. Funcionamiento del motor

Realizado por: (MARCAS, 1999)

En el caso de motor de combustión interna, se puede definir dos tipos de motores clasificados por la forma de encendido del carburante: motor de encendido provocado y motor de encendido por compresión.

1.2.1. Motor de encendido provocado (MEP)

Los motores tipo MEP presentan la característica principal en la combustión, ésta se da por medio de un aporte de energía externa, la cual no es referente al ciclo termodinámico (Ciclo Otto). El salto de chispa (energía externa) realizado por una bujía, que normalmente está alojada en la culata, entre sus dos electrodos que están en contacto directo con la cámara de combustión debe ser adecuado para que el proceso de combustión sea más eficiente. (JUAN ROCHA, 2015)

La mezcla estequiométrica (aire/combustible) en este tipo de motores influye a una subclasificación: motores de mezcla homogénea y motores de mezcla heterogénea o motores de combustión directa.

Los motores de mezcla homogénea realizan la mezcla estequiométrica fuera del cilindro, cuando el motor realiza el proceso de admisión, mientras que, los motores de mezcla heterogénea, introducen aire durante el proceso de admisión y el combustible es inyectado durante la compresión del cilindro de forma directa por lo cual se denominan motores de combustión directa. (JUAN ROCHA, 2015)



Figura 4-1. Mezcla heterogénea

Realizado por: (LECUONA, 2017)

1.2.2. Motores de encendido por compresión (MEC)

Los motores de encendido por compresión presentan la característica principal de que su combustión inicia mediante un proceso de autoencendido, el motor más conocido es el motor Diésel. Durante la fase de admisión, el motor introduce solamente aire, que al momento que el motor está en la carrera de compresión, este aire alcanza altas temperaturas y ahí se introduce el

combustible, que permite la mezcla estratificada provocando el autoencendido en la cámara de combustión. (JUAN ROCHA, 2015)

Este tipo de motores poseen una mezcla heterogénea, y la combustión se realiza en las zonas donde se cumple las condiciones adecuadas de la mezcla estratificada. La combustión depende totalmente del proceso de inyección y se controla por los procesos físicos del chorro de combustible (atomización, evaporación y la mezcla con el aire). (JUAN ROCHA, 2015)

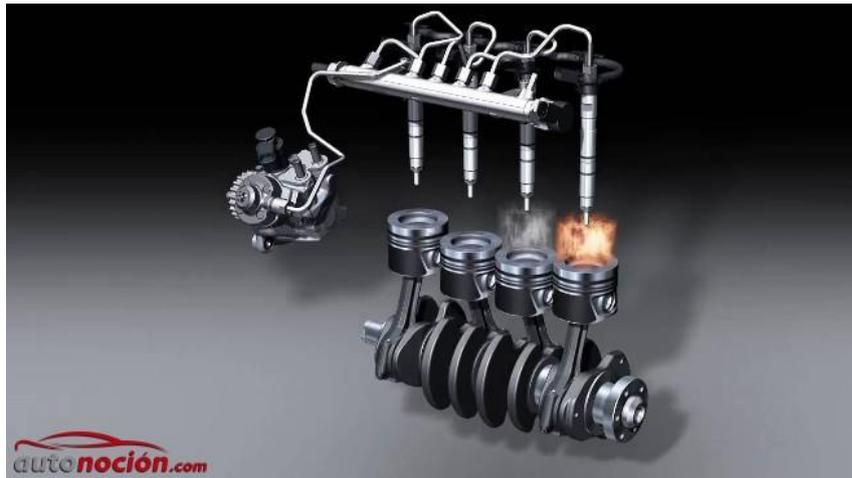


Figura 5-1. Motor diésel

Realizado por: (FERRER, 2015)

1.3. Principio termodinámico de un motor de combustión interna

La finalidad de un motor de combustión interna es entregar energía mecánica, a través de la explosión de un carburante, que almacena energía química.

La energía que posee cada carburante tiende a manifestarse con el aumento de presión y de temperatura, dependiendo el tipo de combustible, la explosión se realiza de manera provocada o por compresión de gases.

1.3.1. Ciclo Otto

El ciclo Otto también llamado ciclo de Beau de Rochas o de mezcla, es un ciclo de adición de calor a volumen constante, $V=\text{constante}$. (ROMAN, 1984)

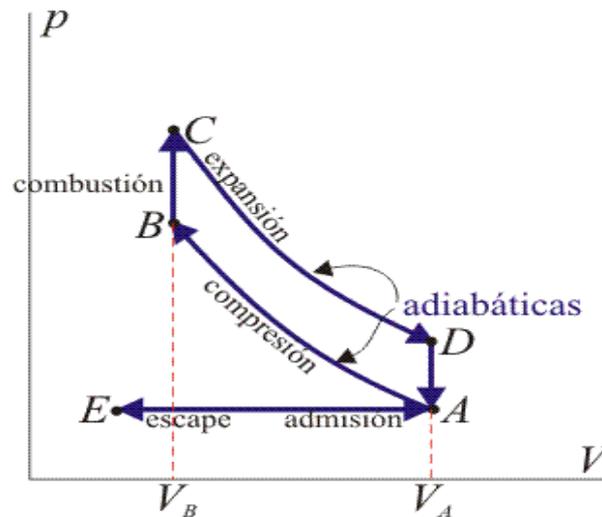


Figura 6-1.Ciclo Otto ideal

Realizado por: (US, 2020)

Las fases de un motor de ciclo Otto son:

- Admisión
- Compresión
- Combustión
- Expansión
- Escape

El ciclo Otto se conforma por dos subidas y dos bajadas del pistón, por lo cual se denomina motor de cuatro tiempos. (US, 2020)

1.4. Análisis de gases

Los combustibles utilizados provienen del gas licuado de petróleo y están compuestos principalmente de carbono e hidrógeno que al unirse forman cadenas largas denominadas hidrocarburos, formando: gasoil, GPL, gasolina, entre otros. Estos compuestos necesitan de aditivos para evitar fenómenos físicos y realizar aportes al motor durante el proceso de combustión (detonación, congelación, lubricación). (GALICIA, 2020)

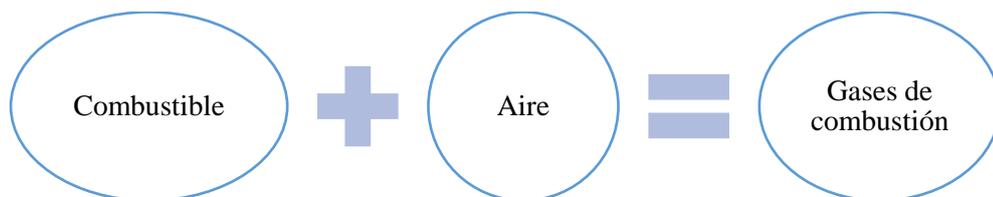


Figura 7-1. Reacción del carburante.

Realizado por: (GALICIA, 2020)

La combustión en un motor de combustión interna es incompleta, por lo cual, resultado de la reacción del carburante se producen una serie de gases nocivos, clasificados como: inofensivos y nocivos.

Tabla 1-1. Gases provenientes de la combustión.

| Gases inofensivos | Gases nocivos |
|--------------------------|----------------------|
| Nitrógeno | Monóxido de carbono |
| Oxígeno | Hidrocarburos |
| CO ₂ | Óxidos de nitrógeno |
| Hidrógeno | Plomo |
| Vapor de Agua | Material particulado |

Fuente: (GALICIA, 2020)

Realizado por: Autores.

1.4.1. Gases inofensivos

Se denominan gases inofensivos porque al momento de combustionar el carburante, las presencias de estos gases no repercuten en la salud humana.

Tabla 2-1. Característica de gas inofensivo.

| Gas | Características |
|---------------------------------------|---|
| Dióxido de carbono (CO ₂) | El dióxido de carbono es un gas no contaminante que afecte la salud humana, aunque, su presencia concurre con el calentamiento global. Se presenta por la ignición de combustibles fósiles. Para la reducción del dióxido de carbono se implica la disminución de consumo de combustible. (CABALLERO, 2011) |

Fuente: (CABALLERO, 2011)

Realizado por: Autores

1.4.2. Gases nocivos

Se determinan gases nocivos a los gases que luego de la etapa de combustión y la salida de estos por el escape, concurren a enfermedades o atentan ante la vida humana.

Tabla 3-1. Característica de gases nocivos

| Gas | Característica |
|------------|-----------------------|
|------------|-----------------------|

| | |
|---------------------------|--|
| Monóxido de Carbono (CO) | El monóxido de carbono es un gas tóxico presente por la ausencia de oxígeno en la combustión. Es un gas inodoro, insípido e incoloro, con lo cual al estar presente en altas condiciones (principalmente vías urbanas), puede causar una reducción de la capacidad de transportar oxígeno a través de la sangre, lo que conlleva a fatiga, dolores de cabeza, problemas respiratorios y en caso muerte por asfixia. Se puede reducir este gas a través del control de la dosificación de combustible y la utilización de catalizadores, que pueden reducir el 90% de este gas. (CABALLERO, 2011) |
| Óxidos de nitrógeno (NOx) | Los óxidos de nitrógeno son una combinación en altas temperaturas con altas presiones, del oxígeno y nitrógeno. En la cámara de combustión se origina el NO, que al salir al múltiple de escape se mezcla con el O formando NO ₂ . El resultado entre estos dos compuestos se denomina NOx. Los óxidos de nitrógeno son causantes de la irritación del aparato respiratorio. (GALICIA, 2020) |
| Hidrocarburos (HC) | Se forman después de la combustión, son componentes incombustibles y depende de la estructura molecular para definir sus efectos nocivos. Si se forma benceno, aldehídos y fenoles. El benceno provoca irritación a la piel, ojos y conductos respiratorios, puede llegar a causar cáncer. (SL, 2020) |

Realizado por: Autores

Fuente: Autores

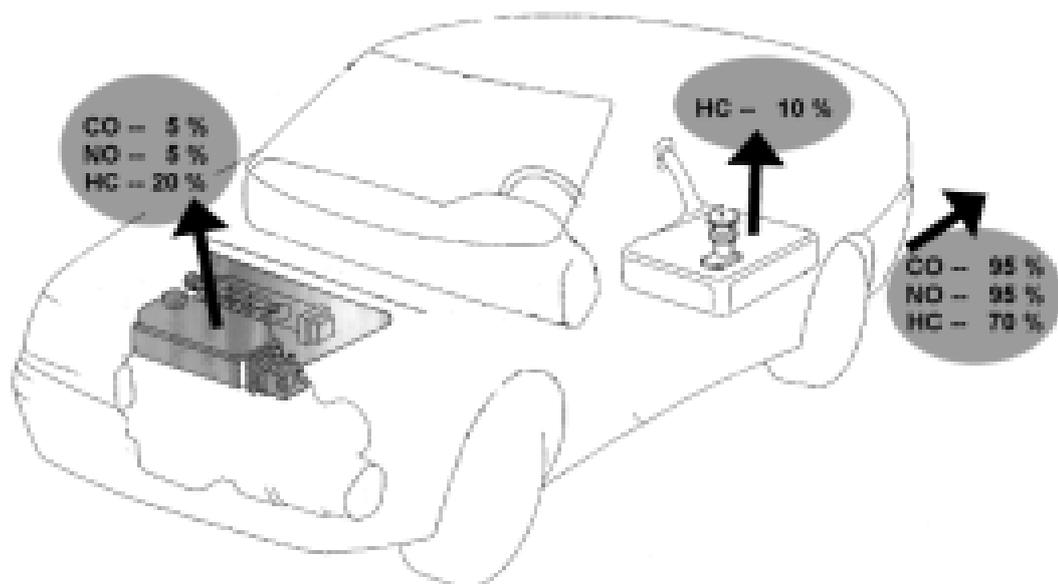


Figura 8-1. Gases en un automóvil

Realizado por: (GALICIA, 2020)

1.4.3. Emisiones de CO2 en el Ecuador

(IEA, 2020), Agencia Internacional de Energía, organización comprometida con la sostenibilidad energética, presenta el seguimiento energético de datos a nivel mundial. El estado ecuatoriano emite una cantidad de 39,0 Mt (millones de toneladas) de CO2 en el año 2014, considerado la mayor emisión hasta el 2017, última actualización del sistema.

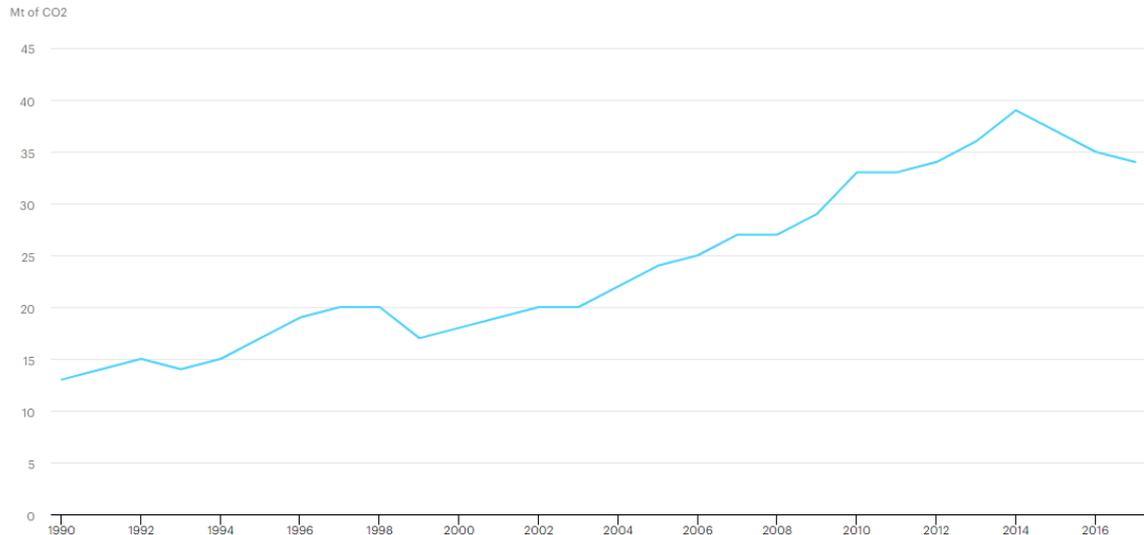


Figura 9-1. Cantidad de CO2 en el Ecuador (CO2 en Mt vs tiempo)

Realizado por: (IEA, 2020)

La industria que principalmente influye en la presencia de CO2 en el Ecuador es el transporte, considerando público y privado.

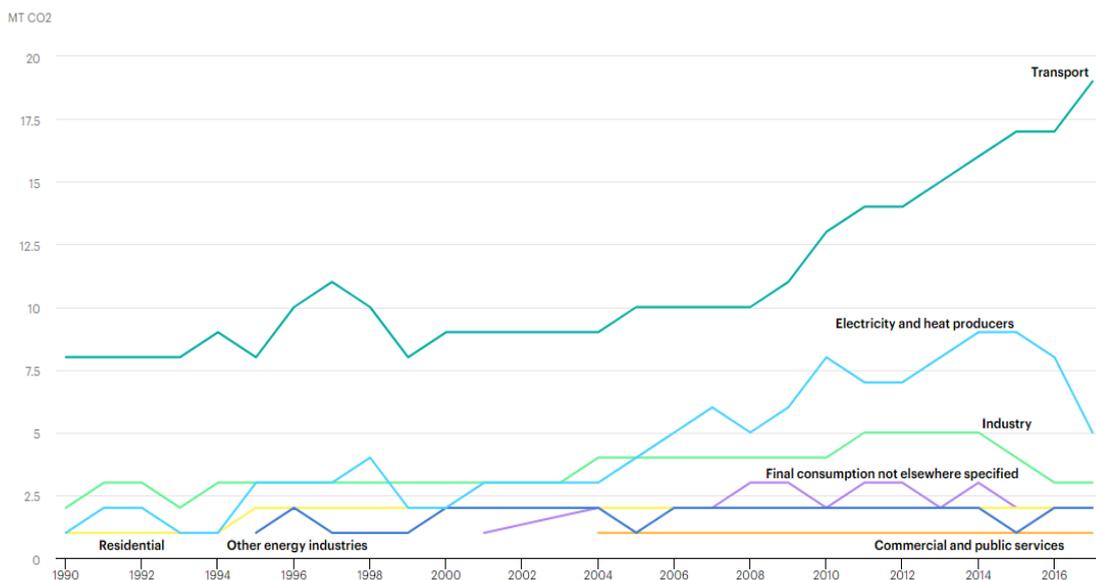


Figura 10-1. Industrias provenientes de CO2 en el Ecuador

Realizado por: (IEA, 2020)

1.5. La inyección electrónica

El carburador, el antiguo sistema de inyección de combustible, no suplía las necesidades del mundo moderno por la presencia del control de la contaminación, ahorro de combustible, potencia, respuestas en aceleraciones, entre otras funciones. (BOSH, 2020)

La principal característica de la inyección electrónica es otorgar al motor el volumen de combustible que necesita, con esto proporcionar un mejor rendimiento con mayor ahorro (energético y económico) en un funcionamiento moderado, económico y eco-amigable. (BOSH, 2020)

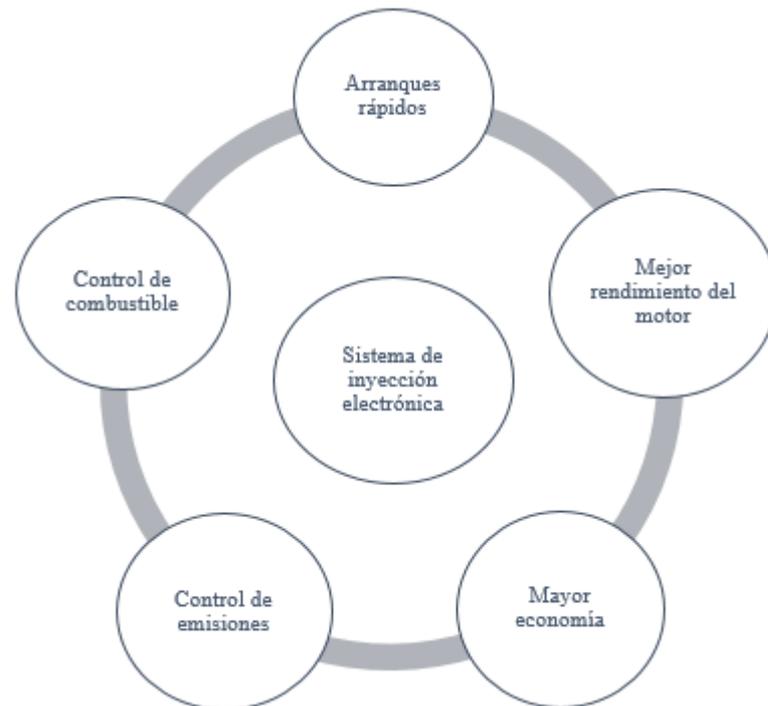


Figura 11-1. Características del sistema de inyección

Realizado por: Autores

1.5.1. Relación ideal-Sonda Lambda

El control de la combustión de un motor de combustión interna con sistema de inyección electrónica se realiza a través de un sensor de oxígeno que está situado en el escape. Este sensor denominado sonda lambda, permite obtener la relación ideal (aire-combustible: 14,7:1). (TORRES & MEDINA, 2017).

El factor lambda se define como la relación entre la cantidad de aire real para realizar la combustión en el motor y la cantidad de aire teórica que aspira el motor, donde la mezcla estequiométrica debe alcanzar el factor $\text{Lambda}=1$. (RECALDE, 2015)

Las correcciones dentro del sistema de inyección son para mezcla rica y mezcla pobre.

Se denomina mezcla pobre cuando existe mayor cantidad de aire dentro mezcla estequiométrica, facilitando la aparición de NOx. La mezcla rica, por inverso, es la mayor cantidad de combustible

con respecto al aire en la mezcla, facilitando la aparición de hidrocarburos y monóxido de carbono. (TORRES & MEDINA, 2017)

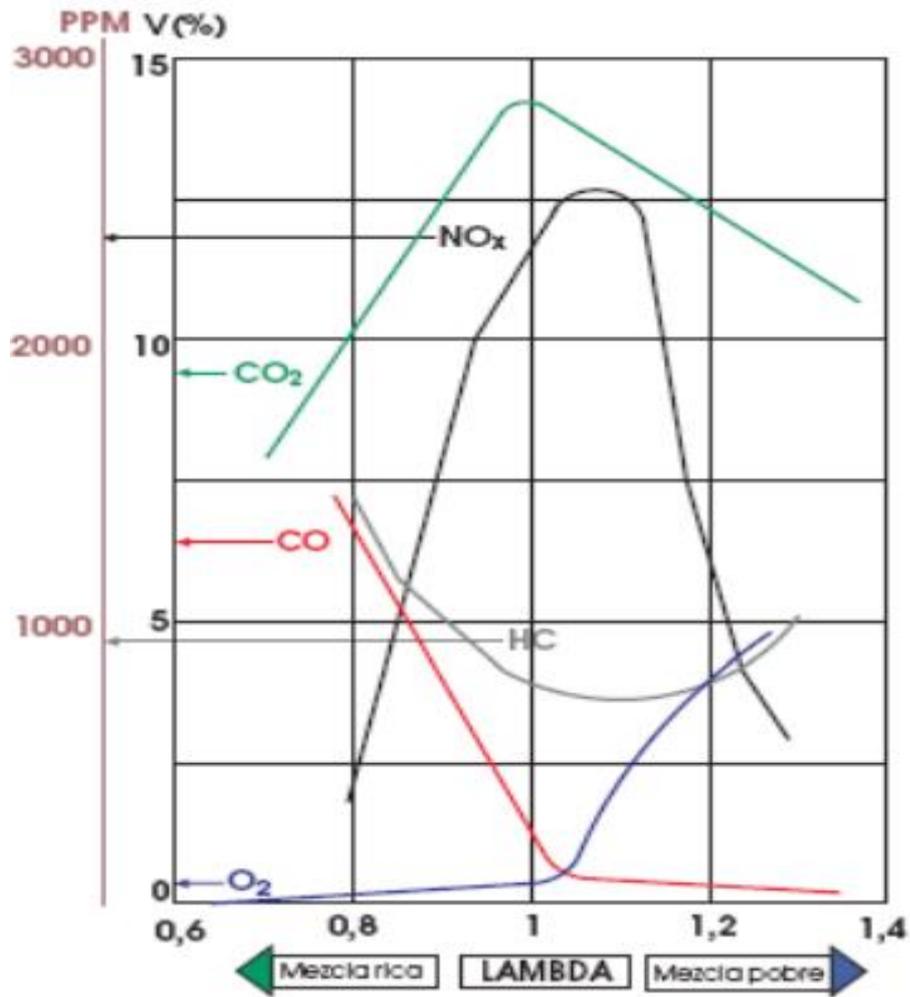


Figura 12-.1. Sonda Lambda: Mezcla rica y pobre

Realizado por: (GALICIA, 2020)

1.6. Métodos para medición de emisiones

Los métodos para medición de emisiones son estáticos y dinámicos, aunque dentro de cada uno de estos grupos, existen una variedad de métodos por transcribir, cada uno se clasifica con el ciclo de conducción de la ciudad o por la operación que realiza para permanecer un ciclo en la localidad. Los métodos para medición de emisiones pueden ser estáticos o dinámicos.

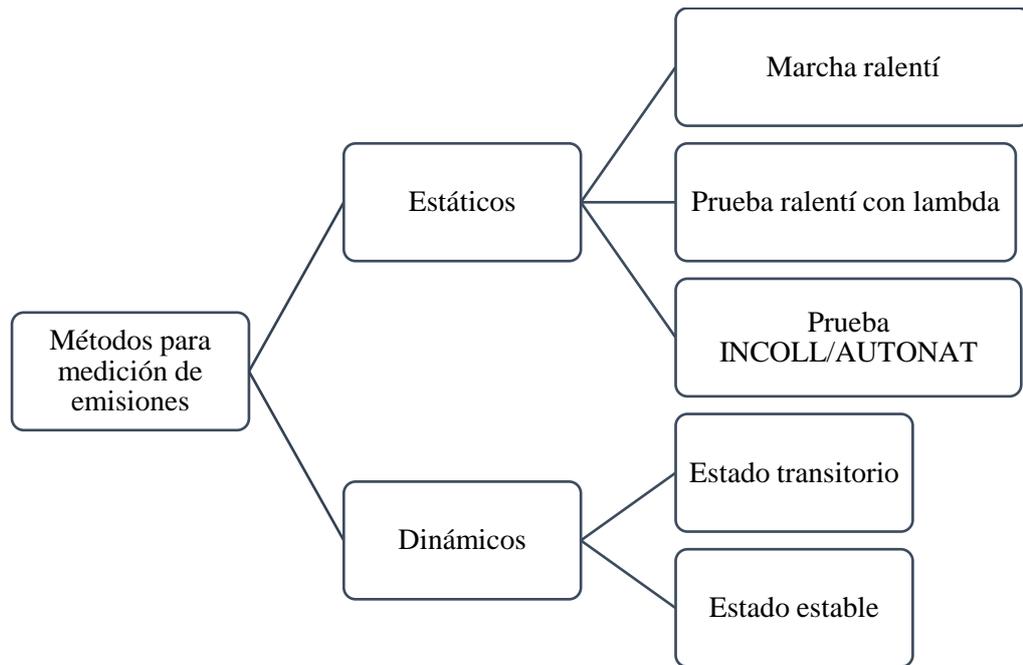


Figura 13-1. Métodos para medición de emisiones

Realizado por: (RECALDE, 2015)

1.6.1. Método para medición de emisiones estáticos

Se denominan métodos para medición de emisiones estáticos a las pruebas que no aplican carga, con la transmisión en neutro. Determinan la concentración de gases a diferentes regímenes de revoluciones.

Tabla 4-1. Métodos para medición de emisiones estáticos.

| Método estático | Característica |
|----------------------------------|---|
| Marcha ralentí | Prueba direccionada para autos a carburador y vehículos con inyección electrónica con catalizador que no sea de tres vías. Es una revisión visual del estado del motor y de los gases de escape, en 2500 rpm a 30 segundos. Si existe humo azul o negro en un lapso de 10 segundos, se opta por reprobado. Existe dos etapas para determinar las lecturas de gases de escape, a 2000-3000rpm durante 30 segundos y en marcha sin acelerar (revoluciones del ralentí) durante 30 segundos. |
| Prueba ralentí con prueba Lambda | Es la prueba que mezcla la prueba marcha ralentí con una prueba lambda, verificando el estado del sistema de control de la mezcla y verificar la eficacia del catalizador. Las pruebas pueden ser separadas para verificar qué estado es el que presenta anomalías. |
| Prueba INCOLL/AUTONAT | Son dos pruebas diseñadas para vehículos a gasolina. El motor es acelerado y desacelerado en 100 milisegundos alcanzando |

| | |
|--|---|
| | revoluciones de 4500 rpm, con una repetición continua del ciclo de operación. (aceleración-carga constante-desaceleración-ralentí). |
|--|---|

Realizado por: Autores

Fuente: (RECALDE, 2015)

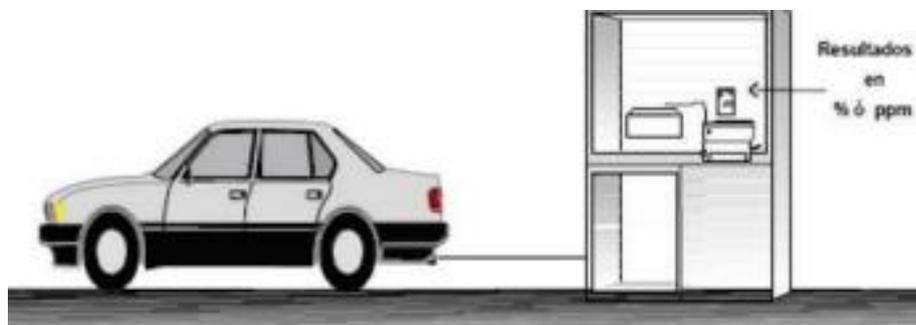


Figura 14-1. Prueba estática.

Realizado por: (RECALDE, 2015)

1.6.2. Método para medición de emisiones dinámico

Las pruebas de medición de emisiones estáticas no son representativas para el control de NOx, que son un punto crítico en la calidad de aire de una urbe. (RECALDE, 2015). Por lo cual, se implementó en el mundo las pruebas dinámicas que expresan la realidad que mantiene el parque automotor de una localidad bajo los efectos de carga, forma de conducción, estado de tránsito y otros parámetros que son indispensables a la hora de proveer emisiones reales.

Tabla 5-1. Métodos para medición de emisiones estáticos.

| Método dinámico | Característica |
|------------------------------|--|
| Método de estado estable | Es una prueba dinamométrica que consiste en mantener el motor del automóvil a una serie de velocidades en la cual se observa las emisiones contaminantes que provienen de ciclos de conducción establecidos en el mundo como por ejemplo: US Federal 3, Clayton Key, CALVIP, ASM. |
| Método de estado transitorio | Son pruebas dinamométricas que consiste en seguir un ciclo de conducción donde se varía no solamente la velocidad con la que se opera el motor, sino también la carga que existe; es decir, simular la carga de la carretera y la potencia necesaria para vencer la inercia del vehículo. Se observa las emisiones contaminantes por pequeñas muestras a lo largo de la prueba. Los ciclos de conducción a designar son: FTP75, New York, Europea ECE, CDH 226, IM240. |

Realizado por: Autores

Fuente: (RECALDE, 2015)

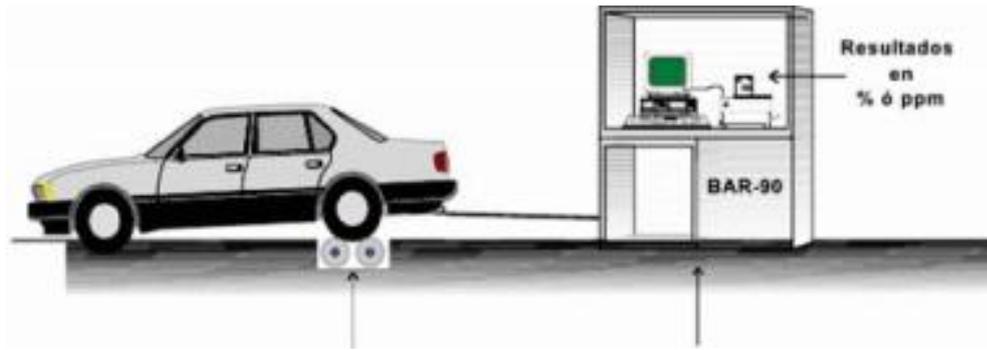


Figura 15-1. Prueba dinámica

Realizado por: (RECALDE, 2015)

1.7. Ciclos de conducción: Herramienta para medición de emisiones contaminantes

Un ciclo de conducción es un perfil de velocidad-tiempo, que representa las condiciones y situaciones reales que presenta un conductor en su ambiente. Son de relevancia para ingenieros de tráfico, fabricantes de vehículos, ya que al entregar tazas de velocidad y tiempo se puede estimar el consumo de combustible y emisiones contaminantes de un área particular. (TONG & HUNG, 2010)

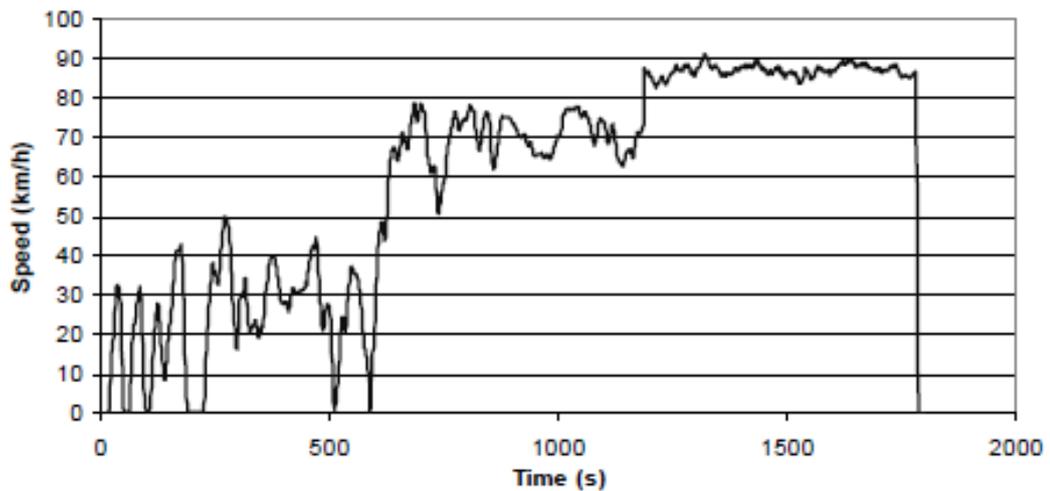


Figura 16-1. Ciclo de conducción

Realizado por: (BARLOW, LATHAM, & BOULTER, 2009)

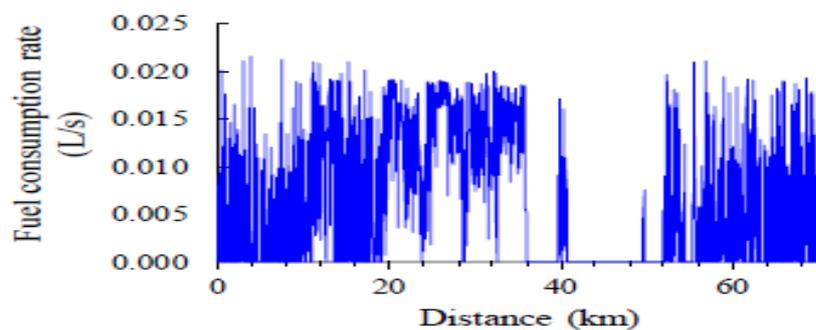


Figura 17-1. Consumo de combustible-Distancia del ciclo de conducción

Realizado por: (HUERTAS, 2019)

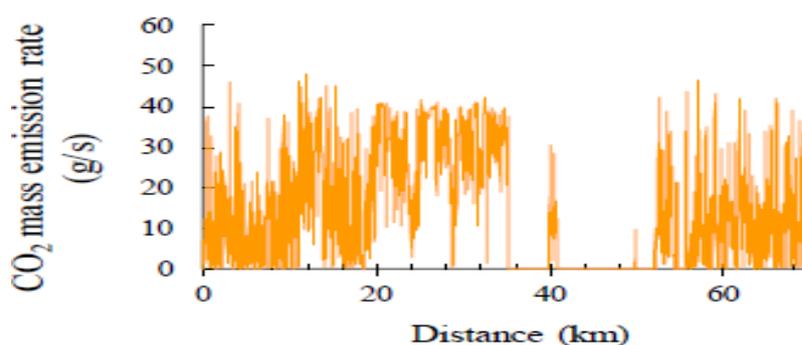


Figura 18-1. Emisiones de CO₂-Distancia del ciclo de conducción.

Realizado por: (HUERTAS, 2019)

Los ciclos de conducción legislativamente se derivan en legislativos y no legislativos considerando el control de emisiones.

1.7.1. Ciclos de conducción legislativo

Los ciclos de conducción legislativos se utilizan para el control de emisiones en el parque automotor de diferentes países que poseen un ciclo de conducción. (TONG & HUNG, 2010). Por ejemplo:

- ❖ Ciclo FTP75
- ❖ Ciclo ECE

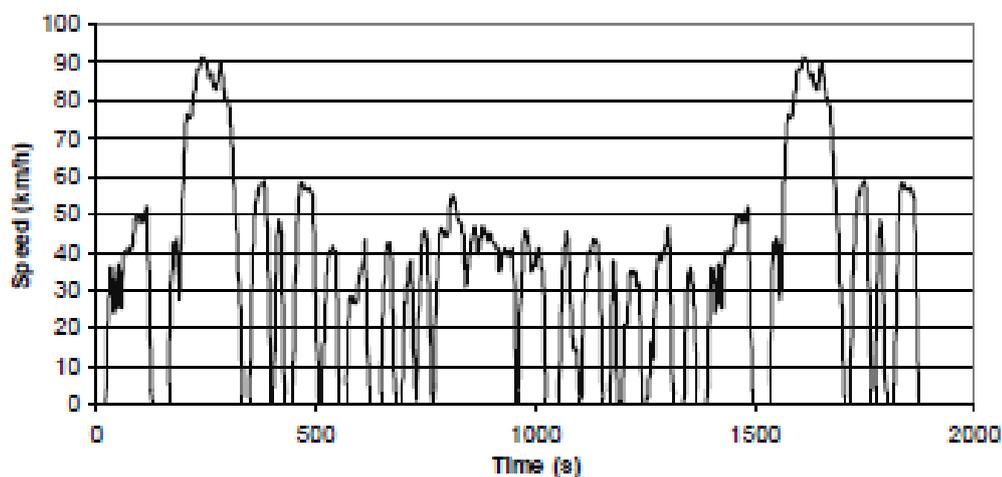


Figura 19-1. Ciclo FTP 75

Realizado por: (BARLOW, LATHAM, & BOULTER, 2009)

1.7.2. Ciclos de conducción no legislativos

Ciclos de conducción no legislativos son ciclos más utilizados por investigadores, por el estudio total que realizan, estiman las emisiones contaminantes que salen del escape y el consumo de combustible. (TONG & HUNG, 2010). Por ejemplo:

- ❖ Ciclo Sydney
- ❖ Ciclo IEC
- ❖ Ciclo Melbourne
- ❖ Ciclo Perth

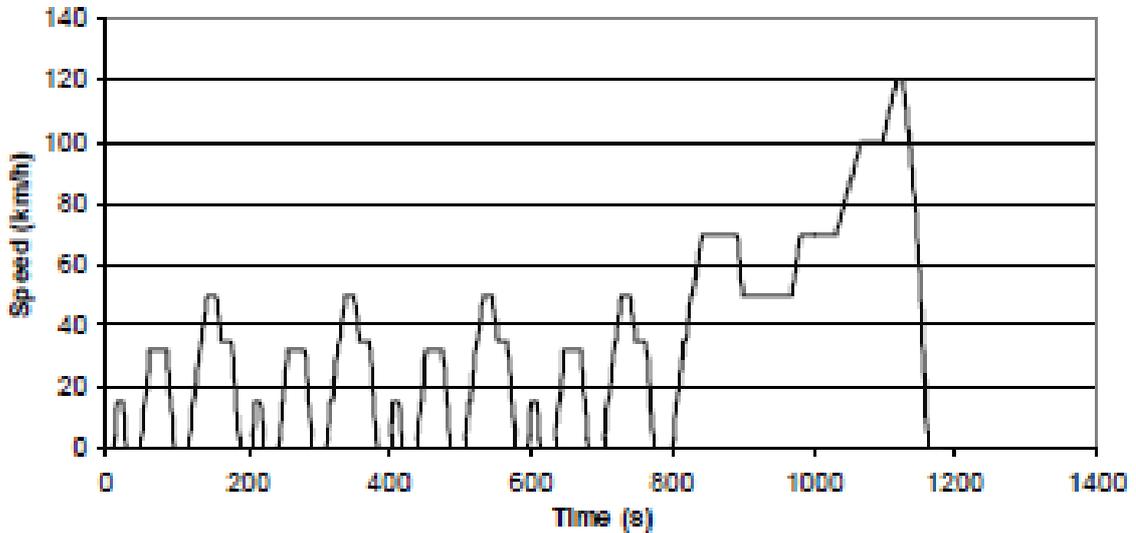


Figura 20-1. Ciclo NEDC

Realizado por: (BARLOW, LATHAM, & BOULTER, 2009)

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Esquema investigativo

La investigación se basa en perspectiva experimental, la cual consiste en la manipulación de una o varias variables experimentales independientes no comprobadas, con el fin de buscar el modo o la causa de una situación. Para este caso de estudio se determinó lo siguiente:

- **Variable independiente:** 10 Vehículos y ruta de la zona urbana.
- **Variable dependiente:** Velocidad y emisiones contaminantes (CO, CO₂, HC, NO, NO₂.NO_x).

El método a seguir en la presente investigación, se detalla en la figura 1-2, el cual fue designado por el investigador durante el proceso de recolección de información.

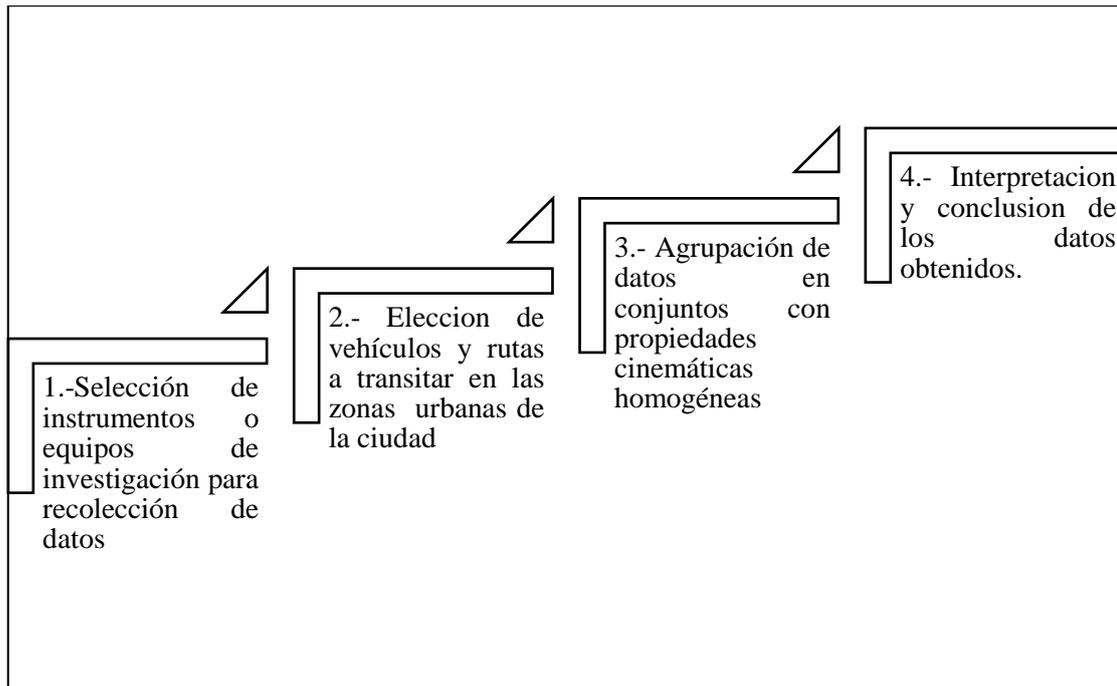


Figura 1-2. Procedimiento de la investigación.

Realizado por: Autores

2.2. Enfoque de la investigación

Tiene un enfoque cuantitativo. Ya que, se realizará una serie sistemática de cálculos experimentales y operaciones estadísticas para la obtención del ciclo de conducción. Ya que trata de determinar el grado o magnitud de la asociación entre variables, en forma general y objetiva de resultados mediante una muestra que hace referencia al conjunto de muestras que procede.

2.3. Tipo de investigación

En el presente estudio se empleó la investigación de campo, de forma experimental.

Toda información obtenida por parte de los investigadores es realizada de forma directa con los vehículos. Para llegar a un análisis estadístico y un orden específico todos los datos son debidamente seleccionados y filtrados.

2.4. Desarrollo

2.4.1. Información preliminar

La información preliminar de la presente investigación está reflejada en la figura 2-2., entablado:

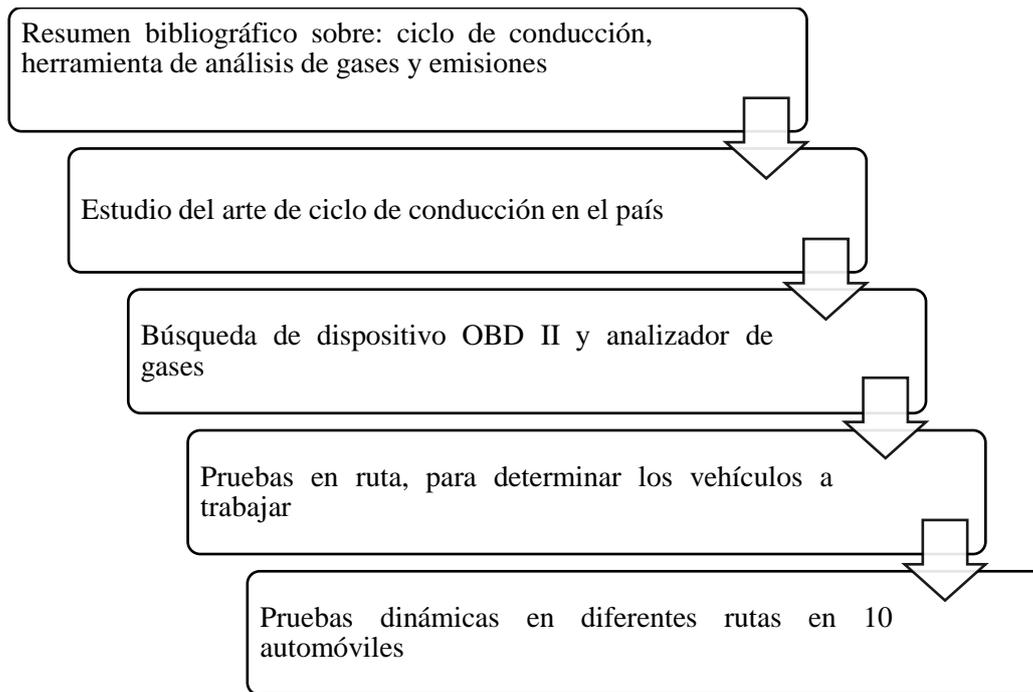


Figura 2-2. Información preliminar.

Realizado por: Autores.

La metodología a utilizar es de carácter experimental en base a microciclos.

Los microciclos empleados se definen desde un punto de inicio con una velocidad inicial igual a cero seguido por períodos de aceleraciones, hasta una velocidad final igual a cero o reposo, incluyendo lapsos de ralentí, hasta acelerar nuevamente.

2.4.2. Ciclos de conducción por microciclos

La obtención de ciclos de conducción mediante microciclos conlleva una serie de pasos como se detallará en la figura 3-2.

Matlab y Excel son herramientas fundamentales por el investigador ya que a través de las mismas se exponen una secuencia ordenada de pasos.

Microsoft Excel contribuye a la creación de microciclos debido a que contiene parámetros característicos ordenados. Además, minitab con sus comandos de filtración permite la construcción además se obtienen clústers que son conjuntos de microciclos, verificando la desviación de los datos que varían y que están representados en el ciclo de conducción.

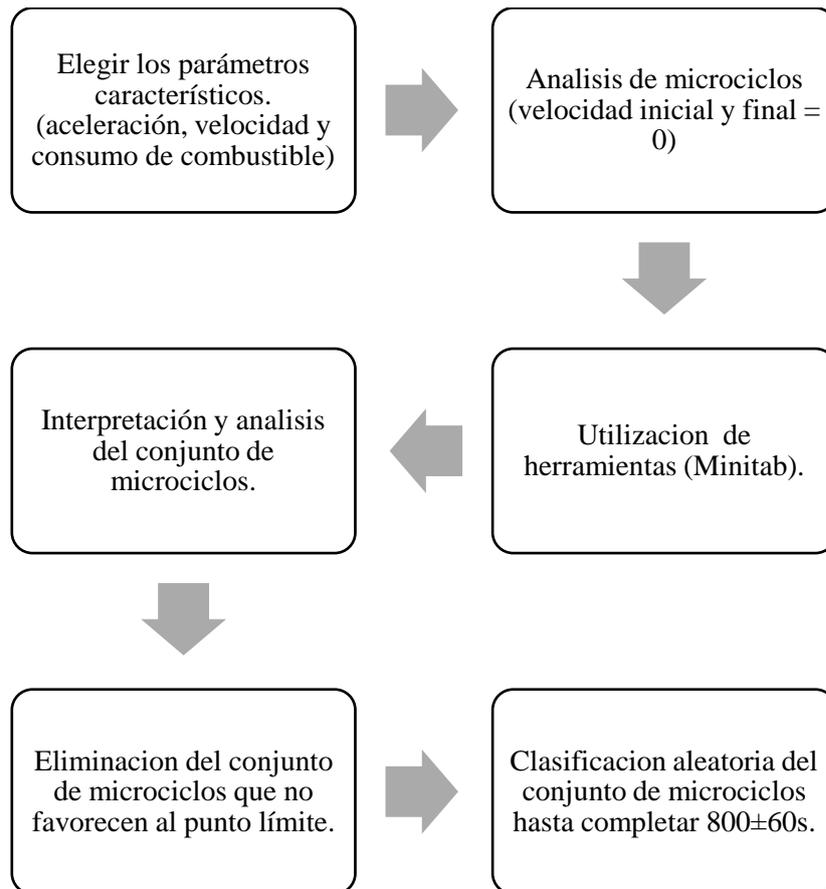


Figura 3-2. Obtención por microciclos

Realizado por: Autores.

2.4.3. Vehículos de prueba

En la tabla 1-2. se muestra la serie de vehículos que se utilizaron para realizar el estudio.

Tabla 1-2. Vehículos de prueba

| VEHICULO | MODELO | AÑO | CILINDRADA (L) | TIMPO DE LECTURA (S) | RECORRIDO (KM) |
|-----------|--------|------|-------------------|----------------------------|-------------------|
| Audi | Q5 | 2012 | 2.0 | 5111 | 21,72 |
| Chevrolet | Family | 2011 | 1.5 | 5151 | 31,59 |

| | | | | | |
|------------|-----------|------|-----|-------|---------|
| Chevrolet | Family | 2011 | 1.5 | 5361 | 25,6 |
| Chery | Practivan | 2019 | 1.2 | 5003 | 30,92 |
| Hyundai | Accent | 2007 | 1.4 | 6512 | 43,53 |
| Kia | Ceed | 2010 | 1.4 | 7033 | 25,07 |
| Kia | Rio | 2011 | 1.4 | 5001 | 25,96 |
| Chevrolet | Optra | 2006 | 1.8 | 5093 | 25,158 |
| Volkswagen | Polo | 2006 | 1.6 | 5952 | 32,92 |
| Great Wall | Wingle | 2012 | 2.2 | 5639 | 27,76 |
| TOTAL | | | | 55856 | 290,228 |

Fuente: Autores

Realizada por: Autores

2.4.4. Instrumentación para análisis de gases

Los motores de combustión interna son unos de los mayores avances en la sociedad ya que a través de la energía que este provee ayuda con la movilización del automóvil, pero también genera agentes contaminantes. Debido a que el motor de combustión no es alimentado con una mezcla perfecta, se generan otros componentes como son los hidrocarburos, monóxido de carbono, óxido de nitrógeno, gases que son perjudicial para la salud y el medio ambiente. Para tratar de controlar estas emisiones contaminantes, se han realizado estudios estadísticos que contribuyan al análisis y posteriormente a la disminución de estos agentes.

Existen varios métodos y equipos que permiten realizar el estudio de gases contaminantes. Para nuestra investigación utilizaremos el analizador de gases MAHA MET 6.3

2.4.4.1. Analizador de gases MAHA MET 6.3

Este analizador tiene una de las tecnologías más modernas en mediciones de gases a gasolina y diésel. Este equipo permite realizar mediciones de forma simultánea es decir que se puede visualizar el porcentaje de CO, CO₂, HC, O₂, NO_x, NO, NO₂, concentración de masa de partículas además de un coeficiente de opacidad. Posee dimensiones reducidas y muy poco peso, puesto que tiene conexión a un PC y a un módulo OBD, facilita su manipulación e interpretación de datos. Además, cuenta con un tubo de sonda de 5,5m que ayuda al montaje en los automóviles a gasolina y diésel. El mantenimiento del equipo se lo realiza de forma preventiva pues el software informa al usuario con anterioridad cuando hay que sustituir los componentes desgastados como son los filtros y el sensor de O₂.



Figura 4-2. Analizador de gases MAHA MET 6.3

Realizador por: (MAHA, 2020)

El Analizador de gases MAHA MET 6.3 presenta las siguientes características:

- ❖ Tiene poco peso con un tamaño reducido y compacto.
- ❖ Un corto tiempo de calentamiento además de una disponibilidad de trabajo rápida.
- ❖ Posee una sonda en común para trabajar en diésel y gasolina.
- ❖ Precisión de resultados de O₂, CO, CO₂, HC y cálculo de valor lambda.
- ❖ Diagnóstico rápido en cuanto a la concentración de partículas gracias a la corriente con aceleración del motor.
- ❖ Estructura sencilla en el proceso de análisis de gases de escape.
- ❖ Confortable evaluación de VCI, OBD
- ❖ Separación de agua y condensación activo.
- ❖ Mantenimiento fácil
- ❖ Tecnología avanzada.
- ❖ Visualización múltiple del valor K, O₂, CO, CO₂, HC al mismo tiempo.
- ❖ Medición adicional de monóxido de nitrógeno y dióxido de nitrógeno.
- ❖ Tiene un Interfaz W-LAN

(MAHA, 2020), presenta la información en su manual de usuario.

2.4.5. Método de utilización del MAHA MET 6.3

Para la utilización y el montaje del analizador de gases se necesita en primera instancia calentar el equipo, en esta fase el gas probador de sistema de medición alcanza una temperatura adecuada para que los datos obtenidos sean constantes. El tiempo aproximado para esto es de dos a tres minutos. Una vez que transcurre el tiempo planteado y la temperatura del gas adecuado se procede con la puesta en cero.

En la puesta cero, el aire ambiental de los Hidrocarburos (HC) es desechado, esto es comparado posteriormente con el banco de medición. (MAHA, 2020)

2.4.5.1. Pruebas diales de MAHA MET 6.3

Para la utilización del analizador de gases MAHA MET 6.3, se realizan pruebas diales, que ayudan al correcto manejo del analizador.

| Prueba de estanqueidad. | Prueba de Hidrocarburos (HC) | Prueba final |
|--|--|--|
|  |  |  |
| <p>En esta prueba, se debe seleccionar la opción gasolina. Y a continuación se cubre o sella la sonda de escape hasta que el analizador lo indique, para posteriormente concluir con la operación.</p> | <p>En este punto podemos tener un valor inferior al límite establecido por el analizador, en tal caso la comprobación tardara unos segundos antes de su conclusión.</p> <p>Si se da el caso que supere los valores establecidos, se tendrá que verificar ciertos parámetros como el cambio de filtro, revisar si las sondas están viejas o deterioradas. Una vez verificado esos parámetros se procede a realizar nuevamente la prueba de Hidrocarburos HC</p> | <p>Una vez realizado las pruebas correspondientes se procede a conectar la sonda en la salida del tubo de escape y seleccionar la opción diagnóstico del vehículo. En el analizador de gases para dar inicio así con la recolección de datos</p> |

Figura 5-2. Pruebas diales MAHA HET 6.3

Realizado por: Autores

2.4.6. Medidor de RPM AVL DITEST SPEED 2000

Este AVL es un tacómetro que está diseñado especialmente para la comprobación de los gases de escape. Visualiza la velocidad de motores ya sean a diésel o gasolina. Tiene conexión sencilla y se lo puede acoplar a cualquier tester de gases de escape con una entrada de velocidad. Es propicio para visualizar curvas de velocidad dinámicas. La especificación de cilindros no es necesaria. Posee un sensor DUAL que es la parte más significativa del sistema.



Figura 6-2. AVL DITEST SPEED 2000

Realizado por: (AVL-DITEST, 2020)

Gracias a que posee un imán incorporado al interior del sensor, ayuda al montaje en el motor. Además se puede visualizar su funcionamiento mediante un led multicolor que indica cuando éste está trabajando en el lugar apropiado.



Figura 7-2. Sensor DUAL.

Realizado por: (AVL-DITEST, 2012)

El sistema AVL SPEED 2000 se basa en dos señales:

- Ruido de la estructura del motor
- Ruido atmosférico

El sistema detecta estas dos señales y selecciona la más apropiada para evaluar la velocidad.

2.4.6.1. Método de utilización de AVL DISTEST SPEED 2000

Su montaje es sencillo, en primer lugar, se debe conectar el sensor DUAL AVL en un sitio sensible a las revoluciones del motor para que los resultados obtenidos no tengan mayor alteración. Una vez conectado, existen algunos parámetros en los cuales estas revoluciones pueden sufrir alteraciones como son perturbaciones o vibraciones.

2.4.7. ELM327

El software OBD II para este dispositivo ELM327 facilita la utilización de la PC, para que existe una interfaz con el vehículo permitiendo así conocer el estado del mismo. La instalación de este dispositivo es muy fácil, simplemente extraer los archivos de la PC. Y para desinstalar el programa se debe eliminar el contenido donde contiene el programa.



Figura 8-2. ELM 327

Realizado por: Autores

A través de este dispositivo ayuda a realizar las siguientes operaciones:

- ❖ Leer códigos de falla además de enlazar a un buscador de la falla
- ❖ Eliminar códigos de falla y eliminar el check engine
- ❖ Visualizar información a tiempo real como:
- ❖ Revoluciones del motor
- ❖ Carga
- ❖ La temperatura del líquido refrigerante
- ❖ Seguimiento del sistema de combustible
- ❖ Velocidad del auto
- ❖ Presión del colector de admisión
- ❖ Seguimiento del sistema de combustible

ELM327 tiene una instalación sencilla, pues se conecta al puerto OBD II del vehículo verificando mediante una luz que ya se encuentra correctamente acoplado. Después de ello se enlaza o vincula a un dispositivo móvil que tengan las características adecuadas para soporte del software.

2.4.8. Torque Pro

Esta aplicación permite una comunicación directa entre la computadora del vehículo y un dispositivo móvil mediante bluetooth o wifi hacia el OBD II (On- Board Diagnostics). Gracias a ellos se puede visualizar gran cantidad a información a tiempo real como es: estado del motor, códigos de falla, entre otras funciones.



Figura 9-2. Torque Pro

Realizado por: Autores

Esta aplicación es apta para cualquier tipo de vehículo que soporte una entrada OBD, generalmente los vehículos fabricados a partir del año 2000 poseen esta entrada. Los datos que se pueden visualizar a tiempo real son:

- ❖ Revoluciones del motor, ya sea que este posea o no un indicador.
- ❖ Velocidad
- ❖ Aceleración
- ❖ Par motor con su potencia respectiva
- ❖ Códigos de error en forma detallada
- ❖ Sistema eléctrico
- ❖ Mantenimiento preventivo del vehículo
- ❖ Emisiones contaminantes reales
- ❖ Temperatura que transmite
- ❖ Video de viaje real con datos de OBD II

2.4.9. Metodología de obtención de datos

Para este estudio se empleó la interfaz OBDII ya que tiene una conexión directa con la computadora del vehículo obteniendo una serie de datos. Además, se utilizó el analizador de gases MAHA MET 6.3 debido a que brinda datos a tiempo real de las emisiones contaminantes como es el CO, CO₂, HC entre otros y que son de vital importancia para el estudio.

Para correlacionar los datos de la interfaz OBD II ELM327 y el analizador de gases MAHA MET 6.3 se utilizó correlación de Pearson.

2.4.9.1. Coeficiente de correlación de Pearson

Se refiere al índice de relación que existe entre dos variables, ambas en forma cuantitativa. Al tener dos variables, facilita la estimación entre ellas teniendo en cuenta el valor de la otra variable. (BERENSON & LEVINE, 1996)

Se dice que la correlación entre las dos variables X y Y es positiva y perfecta cuando en la medida aumenta una de ellas y seguidamente la otra. Ejemplo gráficamente entre el tiempo y espacio.

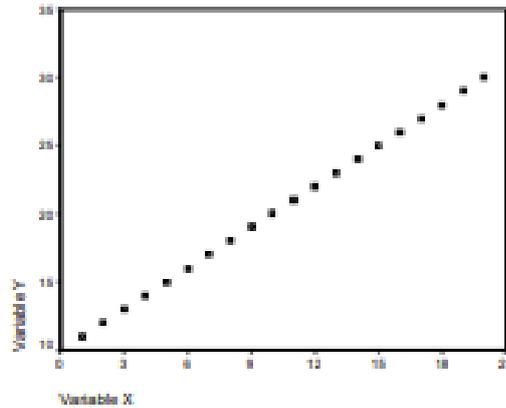


Figura 10-2. Correlación positiva

Realizado por: (BERENSON & LEVINE, 1996)

En cuanto a una correlación perfecta negativa es cuando al aumentar una variable la otra disminuye, como es el ejemplo de la presión vs el volumen.

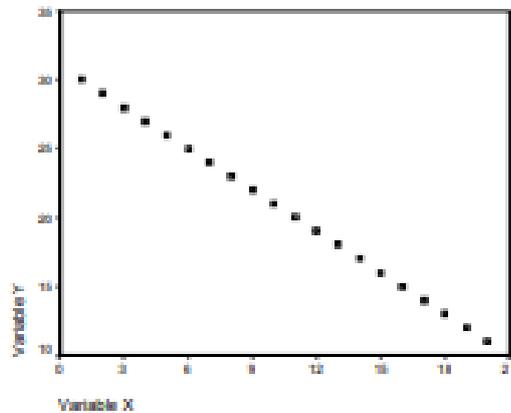


Figura 1.3 Correlación negativa

Realizado por: (BARLOW, LATHAM, & BOULTER, 2009)

En cuanto a datos no agrupados se calcula con la siguiente formula

$$r_{xy} = \frac{\sum x_t y_t}{n s_x s_y}$$

Esta ecuación hace referencia a la media entre el cruce de puntuaciones estándares de X y Y. (BARLOW, LATHAM, & BOULTER, 2009) Entre las ventajas de utilizar este método de Pearson tenemos:

- ❖ La independencia del valor de la unidad se utiliza emplea para calcular las variables.
- ❖ La probabilidad de una estimación más exacta si la muestra es grande.

Aplicando el método de Pearson a nuestro estudio tenemos la siguiente gráfica:

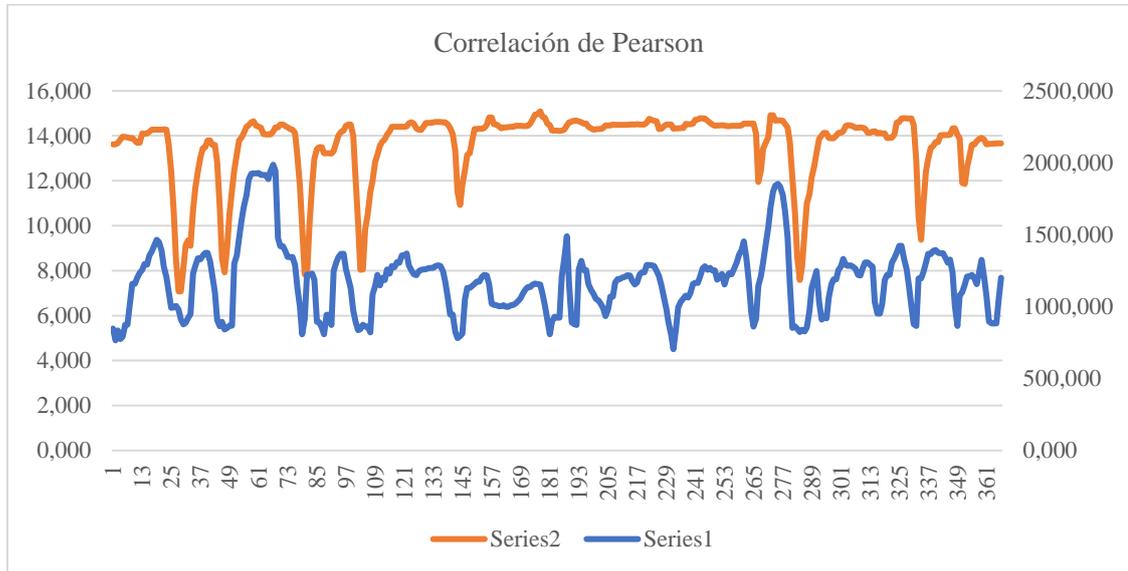


Gráfico 1-2. Correlación de Pearson

Realizado por: Autores

Se relaciona el CO2 del analizador de gases MET y las RPM de la interfaz ELM327 a un mismo tiempo, notando la correlación que existe en un intervalo de 3s. Al desplazar dicho intervalo que va ascendiendo hasta un punto (desfase de 3datos).

2.4.10. Obtención del ciclo de conducción.

La obtención de ciclos de conducción mediante microciclos conlleva una serie de pasos como se detallará en la figura 11-2.

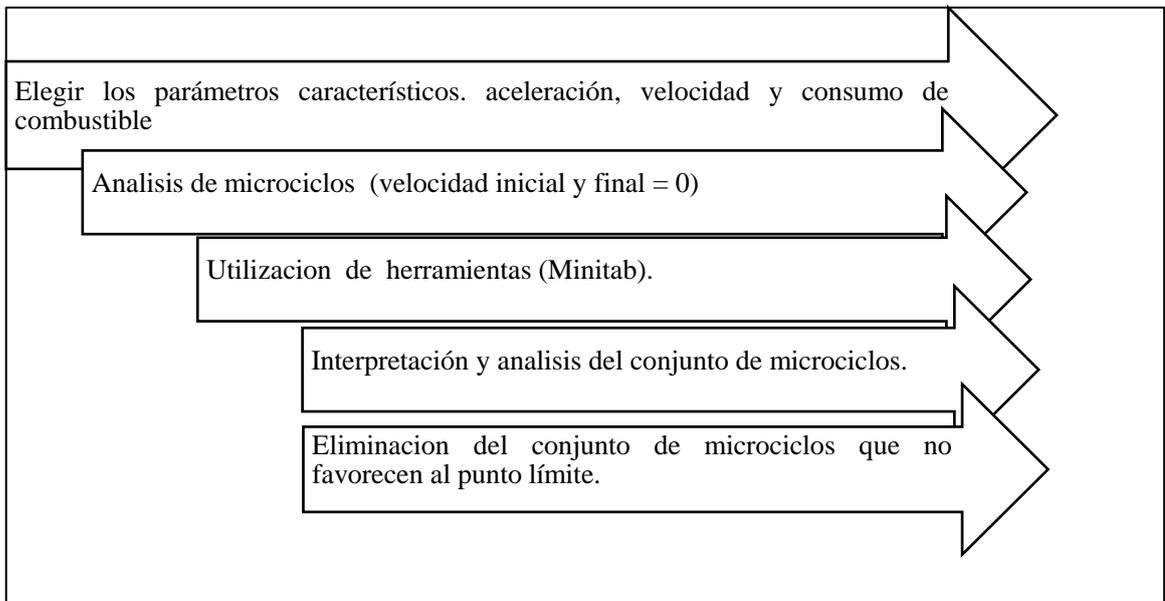


Figura 11-2. Obtención de ciclo de conducción por microciclos

Realizado por: Autores.

Matlab y Excel son herramientas fundamentales por el investigador ya que a través de las mismas se exponen una secuencia ordenada de pasos.

Microsoft Excel contribuye a la creación de microciclos debido a que contiene parámetros característicos ordenados. Además, Minitab con sus comandos de filtración permite la construcción de clústers que son conjuntos de microciclos, verificando la desviación de los datos para realizar una posterior filtración y que después son representados en el ciclo de conducción.

2.4.11. Cálculo de índice de contaminación

Para transformar los porcentajes de emisiones contaminantes a unidades de g/km se necesita los siguientes pasos:

- ❖ Obtener las razones del porcentaje de las emisiones

$$RCO = \left(\frac{\%CO}{\%CO_2} \right) = \frac{a}{d}$$

$$RHC = \left(\frac{\%HC}{\%CO_2} \right) = \frac{c}{d}$$

$$RNO = \left(\frac{\%NO}{\%CO_2} \right) = \frac{f}{cd}$$

- ❖ De estas ecuaciones obtenemos:

$$a = RCOd$$

$$c = RCOd$$

- ❖ Al reemplazar estas ecuaciones tendremos:

$$d = \left(\frac{1}{RCO + 3RHC + 1} \right)$$

- ❖ Se tiene que los factores en unidades de g/km esta dado:

$$FCO = \left(\frac{aMWCO}{MWcomb} \right)$$

$$FHC = \left(\frac{cMWHC}{MWcomb} \right)$$

$$FNO = \left(\frac{fMWNO}{MWcomb} \right)$$

- ❖ El equivalente para el C8H18 es CH2.25 obteniendo así:

$$FCO = \left(\frac{RCO}{RCO+3RHC+1} \right) * \left(\frac{MWCO}{MWcomb} \right)$$

$$FHC = \left(\frac{RHC}{RCO+3RHC+1} \right) * \left(\frac{MWCO}{MWcomb} \right)$$

$$FNO = \left(\frac{RNO}{RCO+3RHC+1} \right) * \left(\frac{MWCO}{MWcomb} \right)$$

- ❖ El peso molecular de combustible está dado por la siguiente formula:

$$MWcomb = \frac{12gC}{molC} * \left(\frac{RC1molC}{molcomb} \right) + \frac{1gH}{molH} * \left(\frac{2.25molH}{molcomb} \right) = 14.25 \frac{gcomb}{molcomb} = 0,01425 \frac{kgcomb}{molcomb}$$

- ❖ Los factores de emisiones en g/km está dado por:

$$FCO = FCO * \rho comb * cc$$

- ❖ Una vez reemplazado todas las variables tendremos:

$$\frac{gCO}{km} = \left(\frac{28 \frac{\%CO}{\%CO_2}}{\frac{\%CO}{\%CO_2} + \left(3 \frac{\%HC}{\%CO_2} \right) + 1} \right) * \frac{\rho comb * cc}{0,01425}$$

$$\frac{gHC}{km} = \left(\frac{42 \frac{\%HC}{\%CO_2}}{\frac{\%CO}{\%CO_2} + \left(3 \frac{\%HC}{\%CO_2} \right) + 1} \right) * \frac{\rho comb * cc}{0,01425}$$

$$\frac{gNO}{km} = \left(\frac{30 \frac{\%NO}{\%CO_2}}{\frac{\%CO}{\%CO_2} + \left(3 \frac{\%HC}{\%CO_2} \right) + 1} \right) * \frac{\rho comb * cc}{0,01425}$$

El presente análisis de gases, expresa la conversión de unidades de concentración volumétrica en índices de emisiones. (CAIZA, 2010)

CAPÍTULO III

3. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Los factores de emisiones y consumo energético son determinados en una prueba dinámica aplicando el método On Board para lo cual se generaron ciclos de conducción tomando muestras aleatorias y aplicando el método de microciclos, obteniendo longitudes de 800 ± 60 s la misma que se encuentra dentro del rango de los ciclos construidos para otros países, se analiza la correlación existente entre cada uno de los gases emitidos con los parámetros obtenidos por el dispositivo OBD II

3.1. Ciclo de conducción.

Para el análisis de los índices de emisiones se generaron cuatro ciclos de conducción el principal que abarca todos los vehículos de prueba y otros tres clasificados por su cilindrada los cuales evidencian valores distintos de emanaciones de gases los cuales se analizan a continuación.

3.1.1. Todos los vehículos de prueba.

En el gráfico 1-3, representa el primer ciclo de conducción obtenido de todos los vehículos, a partir del análisis de 241 microciclos de los cuales se eligieron 6 aleatoriamente luego de realizar un análisis de conglomerados jerárquicos.

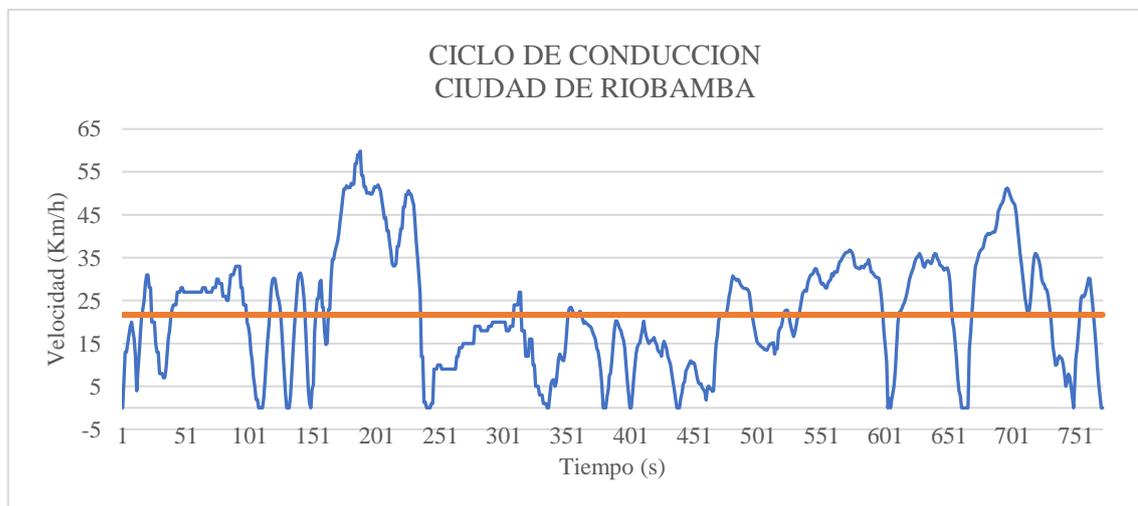


Gráfico 1-3.Ciclo de conducción para todos los vehículos.

Realizado por: Autores.

La tabla 1-4 describe los parámetros y patrones de conducción del ciclo de manejo detallando tiempos, distancia, velocidades y demás características inherentes al mismo.

Tabla 1-3. Parámetros Característicos

| Definición de parámetros característicos del ciclo de conducción | | | |
|---|---|--------------|-------------------|
| Relación | Tipo de relación | Valor | Unidad m,s |
| Distancia | Distancia total | 4791,238 | M |
| Tiempo | Tiempo Total | 772 | S |
| | Tiempo en conducción | 738 | S |
| | Tiempo crucero | 126 | S |
| | Tiempo acelerando | 306 | S |
| | Tiempo desacelerando | 306 | S |
| | Tiempo en ralentí | 34 | S |
| | % de tiempo en conducción | 0,956 | S |
| | % tiempo crucero | 0,163 | S |
| | % tiempo acelerando | 0,396 | S |
| | % tiempo desacelerando | 0,396 | S |
| | % tiempo en reposo | 0,044 | S |
| Velocidad | Velocidad media de ruta | 6,206 | m/s |
| | Velocidad media de conducción | 6,492 | m/s |
| | Desviación estándar de la velocidad | 3,703 | m/s |
| | Velocidad máxima | 16,627 | m/s |
| | Velocidad mínima | 0,000 | m/s |
| Aceleración | Aceleración media | 0,000 | m/s ² |
| | Aceleración media positiva | 0,520 | m/s ² |
| | Aceleración media negativa | -0,520 | m/s ² |
| | Desviación estándar de la aceleración | 0,658 | m/s ² |
| | Aceleración máxima | 3,750 | m/s ² |
| | Aceleración mínima | -4,041 | m/s ² |
| Paradas | Número de paradas | 21 | |
| | Paradas por Km | 4,383 | |
| Dinámica | Aceleración positiva relativa | 0,055 | m/s ² |
| | Energía cinética positiva | 0,364 | m/s |
| Motor | Consumo de combustible | | |
| | Media de consumo de viaje | 10,661 | Kpl |
| | Media de consumo instantáneo | 13,336 | Kpl |
| | Litros por cada 100 km instantáneos | 16,546 | l/100km |
| | Litros por cada 100 km (corrección a largo plazo) | 9,818 | l/100km |
| | Temperatura del motor | | |
| | Promedio de temperatura de motor | 86,576 | °C |

Fuente: Autores

Realizado por: Autores

Se observó que la velocidad media del ciclo de conducción es de 6,2m/s y la aceleración media positiva es de 0,52m/s², indicando un estilo de conducción lenta con altos valores de aceleraciones registrando un patrón de conducción agresivo. Lo cual se puede deber al diseño de la urbe, las presencia de pendientes o simplemente a la forma de manejar de los habitantes de la ciudad de Riobamba.

3.1.2. Ciclo de conducción para vehículos de 1200-1400 cc

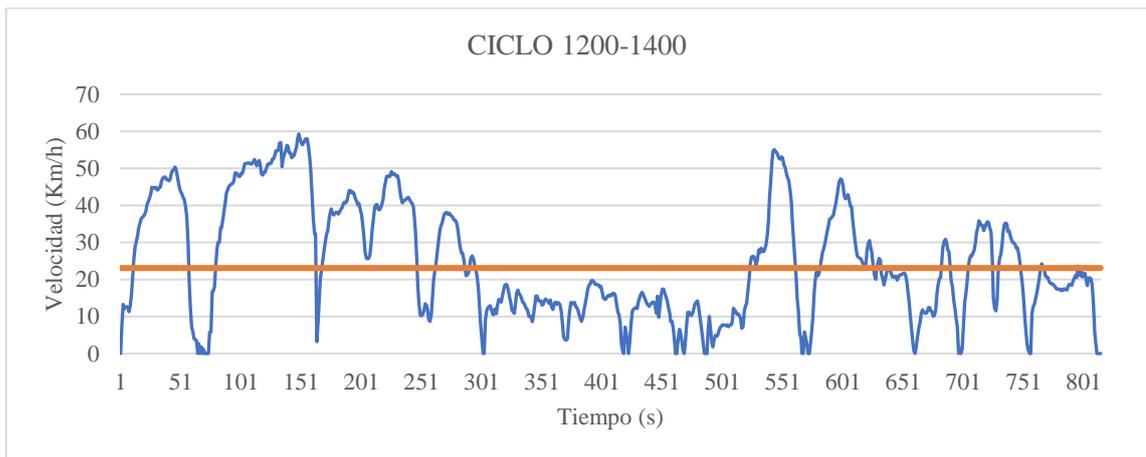


Gráfico 2-3. Ciclo de conducción para vehículos 1200-1400cc

Realizado por: Autores.

El grafico 2-3 corresponde al ciclo de conducción obtenido para los vehículos de cilindrada desde 1200cc hasta 1400 cc, formado por seis microciclos con una longitud de 815 s, una distancia recorrida de 4,9Km, velocidad media de 23,099Km/h y un consumo de 0,639 L.

3.1.3. Ciclo de conducción para vehículos de 1500-1600 cc.

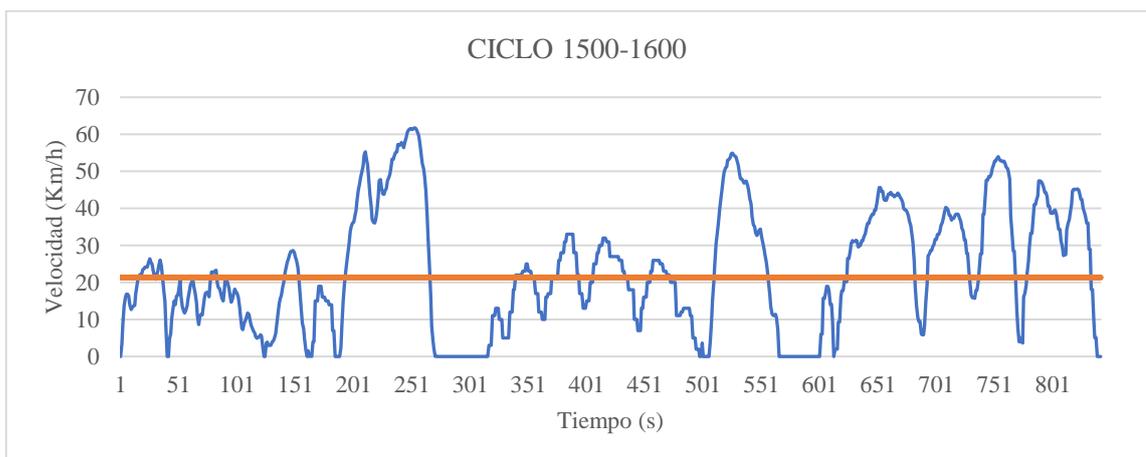


Gráfico 3-3. Ciclo de conducción para vehículos 1500-1600cc

Realizado por: Autores.

El grafico 3-3 corresponde al ciclo de conducción obtenido para los vehículos de cilindrada desde 1500cc hasta 1600 cc, formado por seis microciclos con una longitud de 842s, una distancia recorrida de 4,69Km, velocidad media de 20,797Km/h y un consumo de 0,422 L.

3.1.4. Ciclo de conducción para vehículos de 1800-2200 cc

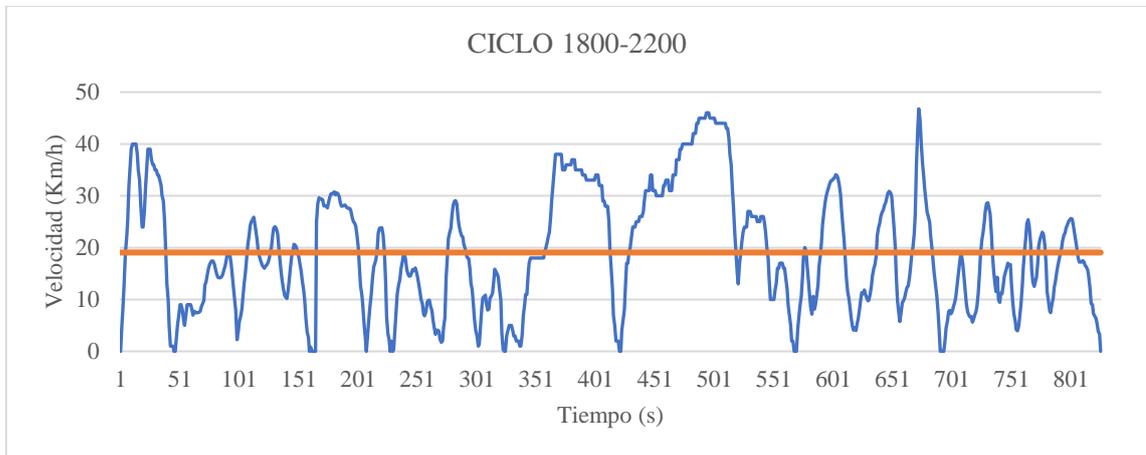


Gráfico 4-3. Ciclo de conducción para vehículos 1800-2200cc

Realizado por: Autores.

El grafico 4-3 corresponde al ciclo de conducción obtenido para los vehículos de cilindrada desde 1800cc hasta 2200 cc, formado por seis microciclos con una longitud de 826s, una distancia recorrida de 4,67Km, velocidad media de 19,063Km/h y un consumo de 0,915 L.

3.2. Análisis de correlación.

Durante las pruebas de ruta realizadas bajo cada uno de los ciclos de manejo se recolectaron los datos de concentraciones volumétricas de los gases emitidos por el vehículo tales como; CO₂, CO, O₂, HC, NO_x, y el valor del factor lambda, los cuales aplicando las fórmulas de combustión simplificada se realizó el cálculo de índice de contaminantes expresado en g/Km permitiendo tener una mejor precisión del grado de emisión de cada ciclo.

Se realizó un análisis de correlación aplicando la metodología del coeficiente de Pearson para determinar que parámetro obtenido por el dispositivo OBDII guarda mayor relación con la generación de cada uno de los gases obtenidos por el analizador MAHA MET 6.3

Tabla 2-3. Correlación de Pearson CO₂

| C02(g/Km) | | |
|---------------------------------|------------------------|---------|
| | Correlación de Pearson | Valor p |
| Litres Per 100 Kilometer(Instan | 0,857 | 0,000 |
| Fuel flow rate/minute(gal/min) | 0,259 | 0,000 |

| | | |
|------------------------------------|--------|-------|
| Intake Manifold Pressure(psi) | 0,169 | 0,000 |
| Engine Load(%) | 0,147 | 0,000 |
| Throttle Position(Manifold)(%) | 0,087 | 0,013 |
| Fuel used (trip)(gal) | 0,042 | 0,238 |
| O2 Volts Bank 1 sensor 1(V) | 0,033 | 0,435 |
| Engine RPM(rpm) | 0,026 | 0,457 |
| Average trip speed(whilst movin | 0,023 | 0,511 |
| Engine Coolant Temperature(Â°C) | 0,020 | 0,578 |
| Fuel Remaining (Calculated from | -0,243 | 0,000 |
| GPS Altitude(m) | -0,262 | 0,000 |
| Speed (GPS)(km/h) | -0,420 | 0,000 |
| Miles Per Gallon(Instant)(mpg) | -0,536 | 0,000 |
| Kilometers Per Litre(Instant)(kpl) | -0,545 | 0,000 |

Fuente: Autores

Realizado por: Autores

Los datos obtenidos en la tabla 2-3 representa el valor de correlación de Pearson ordenados de mayor a menor para hacer un análisis e identificar que variable se correlaciona más con la generación de CO2 en los vehículos de prueba, se determinó que la generación de CO2 está directamente correlacionada con el consumo de combustible e inversamente con la velocidad del vehículo, es decir a menor velocidad tendremos más generación de CO2, debido a que en bajas velocidades aumenta el consumo del motor al tratar de vencer la inercia para que el vehículo se desplace.

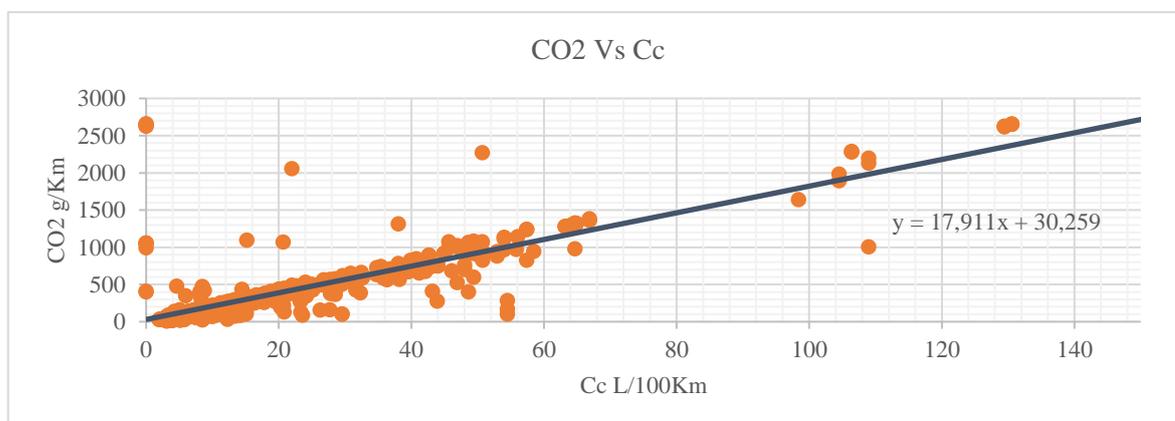


Gráfico 5-3. Tendencia CO2 vs Cc

Realizado por: Autores.

El dióxido de carbono CO₂ es el principal gas resultante de la combustión del motor lo que se puede traducir que, a mayor cantidad de combustible consumido, se obtendrá mayor cantidad de CO₂, como se observar en la gráfica 5-3, el consumo de combustible en litros por cien kilómetros recorridos y el CO₂ en gramos por kilómetro recorrido guardando una correlación casi perfecta del 80%.

Tabla 3-3. Correlación de Pearson NO_x

| NO_x(g/Km) | | |
|------------------------------------|------------------------|---------|
| | Correlación de Pearson | Valor p |
| Intake Manifold Pressure(psi) | 0,326 | 0,000 |
| Litres Per 100 Kilometer(Instant) | 0,316 | 0,000 |
| GPS Altitude(m) | 0,245 | 0,000 |
| Fuel flow rate/minute(gal/min) | 0,176 | 0,000 |
| Engine RPM(rpm) | 0,101 | 0,004 |
| O2 Volts Bank 1 sensor 1(V) | 0,046 | 0,276 |
| Engine Load(%) | -0,013 | 0,705 |
| Fuel Remaining (Calculated from | -0,018 | 0,611 |
| Throttle Position(Manifold)(%) | -0,022 | 0,525 |
| Speed (GPS)(km/h) | -0,111 | 0,002 |
| Average trip speed(whilst movin | -0,221 | 0,000 |
| Miles Per Gallon(Instant)(mpg) | -0,340 | 0,000 |
| Kilometers Per Litre(Instant)(kpl) | -0,346 | 0,000 |
| Fuel used (trip)(gal) | -0,388 | 0,000 |
| Engine Coolant Temperature(°C) | -0,420 | 0,000 |

Fuente: Autores

Realizado por: Autores

En la tabla 3-3 muestra que la generación de óxidos de nitrógeno se correlaciona directamente con la presión en el múltiple de admisión e inversamente a la temperatura del refrigerante.

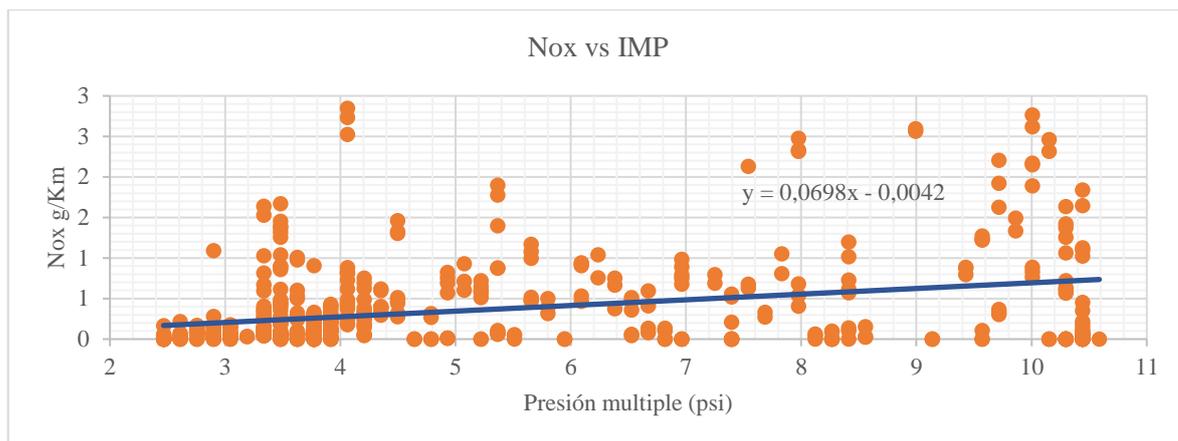


Gráfico 6-3. Tendencia NOx vs IMP

Realizado por: Autores.

La grafica 6-3 indica valores bastante dispersos de la presión del múltiple contra la generación de NOx, a pesar de eso existe una relación directa con una pendiente pequeña.

Tabla 4-3. Correlación de Pearson HC

| HC g/km | Correlación de Pearson | Valor p |
|-----------------------------------|------------------------|---------|
| Litres Per 100 Kilometer(Instant) | 0,395 | 0,000 |
| Intake Manifold Pressure(psi) | 0,340 | 0,000 |
| Fuel flow rate/minute(gal/min) | 0,114 | 0,001 |
| GPS Altitude(m) | 0,056 | 0,110 |
| O2 Volts Bank 1 sensor 1(V) | 0,025 | 0,553 |
| Engine Load(%) | 0,019 | 0,598 |
| Engine RPM(rpm) | -0,010 | 0,770 |
| Throttle Position(Manifold)(%) | -0,076 | 0,031 |
| Average trip speed(whilst movin | -0,140 | 0,000 |
| Fuel Remaining (Calculated from | -0,202 | 0,000 |
| Speed (GPS)(km/h) | -0,216 | 0,000 |
| Miles Per Gallon(Instant)(mpg) | -0,363 | 0,000 |
| Kilometers Per Litre(Instant)(k | -0,366 | 0,000 |
| Fuel used (trip)(gal) | -0,380 | 0,000 |
| Engine Coolant Temperature(°C) | -0,545 | 0,000 |

Fuente: Autores

Realizado por: Autores

Los hidrocarburos son partes de combustible no quemado durante la combustión y que salen por el escape, la tabla 4-3 muestra que guardan una relación directa con el consumo e indica que a bajas velocidades se obtiene mayor generación de HC.

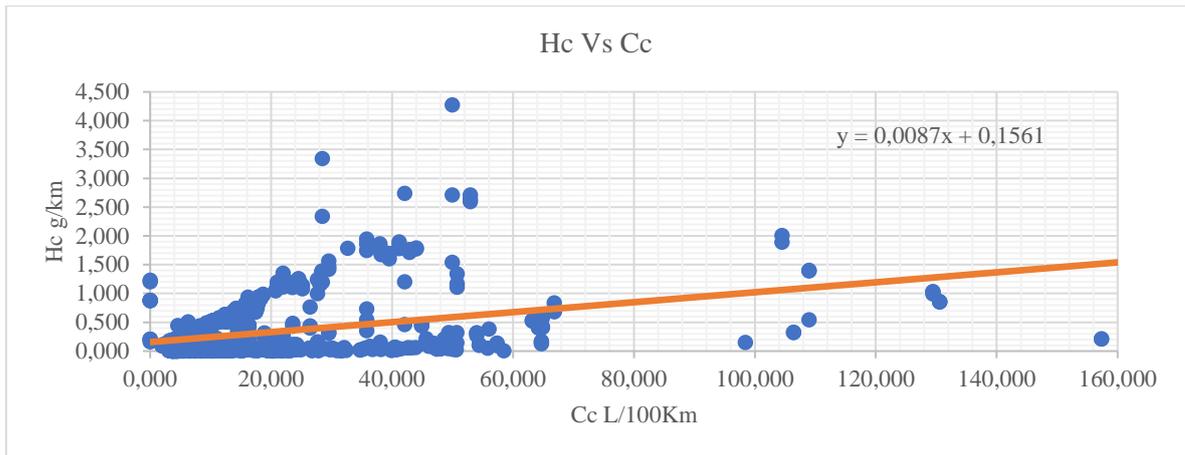


Gráfico 7-3.Tendencia HC vs Cc

Realizado por: Autores.

La grafica de dispersión 7-3 como los valores de hidrocarburos tiende a aumentar a medida que el consumo aumenta estableciendo una pendiente de 0,008 y se observa una línea de datos que representan una línea de relación con mayor pendiente.

Tabla 5-3. Correlación de Pearson CO

| CO(g/Km) | Correlación de Pearson | Valor p |
|-----------------------------------|------------------------|---------|
| Litres Per 100 Kilometer(Instant) | 0,387 | 0,000 |
| Intake Manifold Pressure(psi) | 0,346 | 0,000 |
| GPS Altitude(m) | 0,156 | 0,000 |
| Fuel flow rate/minute(gal/min) | 0,155 | 0,000 |
| Engine Load(%) | 0,063 | 0,074 |
| Engine RPM(rpm) | 0,050 | 0,153 |
| Throttle Position(Manifold)(%) | -0,004 | 0,900 |
| O2 Volts Bank 1 sensor 1(V) | -0,056 | 0,184 |
| Fuel Remaining (Calculated from | -0,075 | 0,033 |
| Speed (GPS)(km/h) | -0,129 | 0,000 |
| Average trip speed(whilst movin | -0,136 | 0,000 |
| Fuel used (trip)(gal) | -0,307 | 0,000 |
| Miles Per Gallon(Instant)(mpg) | -0,311 | 0,000 |
| Kilometers Per Litre(Instant)(k | -0,317 | 0,000 |
| Engine Coolant Temperature(°C) | -0,430 | 0,000 |

Fuente: Autores

Realizado por: Autores

El análisis de correlación del monóxido de carbón con las variables obtenidas por el OBDII determino que guarda mayor relación con el consumo de combustible siendo este gas generado por combustiones incompletas como se puede observar en la tabla 5-3.

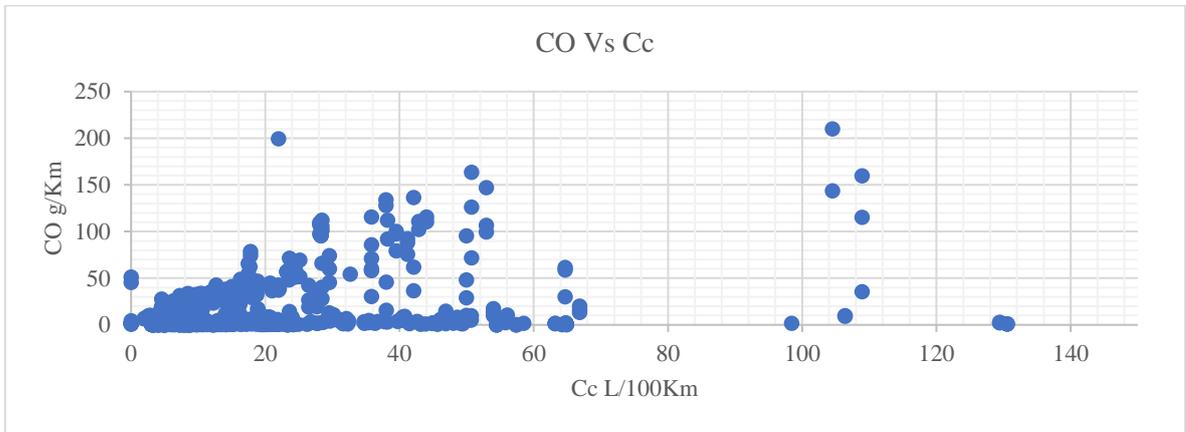


Gráfico 8-3. Tendencia CO vs Cc

Realizado por: Autores.

La grafica 8-3 muestra la nube de puntos que genera la relación entre el consume de combustible en litros por 100Km recorrido y la generación de monóxido de carbono en gramos por kilómetro como aumentan directamente.

Tabla 6-3. Correlación de Pearson O2

| O2(g/Km) | Correlación de Pearson | Valor p |
|---------------------------------|------------------------|---------|
| Litres Per 100 Kilometer(Instan | 0,453 | 0,000 |
| Fuel flow rate/minute(gal/min) | 0,230 | 0,000 |
| Engine Coolant Temperature(Â°C) | 0,183 | 0,000 |
| O2 Volts Bank 1 sensor 1(V) | 0,073 | 0,085 |
| Throttle Position(Manifold)(%) | 0,073 | 0,038 |
| Fuel used (trip)(gal) | 0,052 | 0,139 |
| Engine Load(%) | -0,007 | 0,832 |
| GPS Altitude(m) | -0,014 | 0,698 |
| Fuel Remaining (Calculated from | -0,014 | 0,689 |
| Engine RPM(rpm) | -0,020 | 0,569 |
| Average trip speed(whilst movin | -0,040 | 0,252 |
| Intake Manifold Pressure(psi) | -0,086 | 0,042 |

| | | |
|---------------------------------|--------|-------|
| Miles Per Gallon(Instant)(mpg) | -0,260 | 0,000 |
| Kilometers Per Litre(Instant)(k | -0,275 | 0,000 |
| Speed (GPS)(km/h) | -0,288 | 0,000 |

Fuente: Autores

Realizado por: Autores

La tabla 6-3 indica que a mayor cantidad de consumo se obtendrá mayor emisión de O2 al igual que a bajas velocidades de conducción.

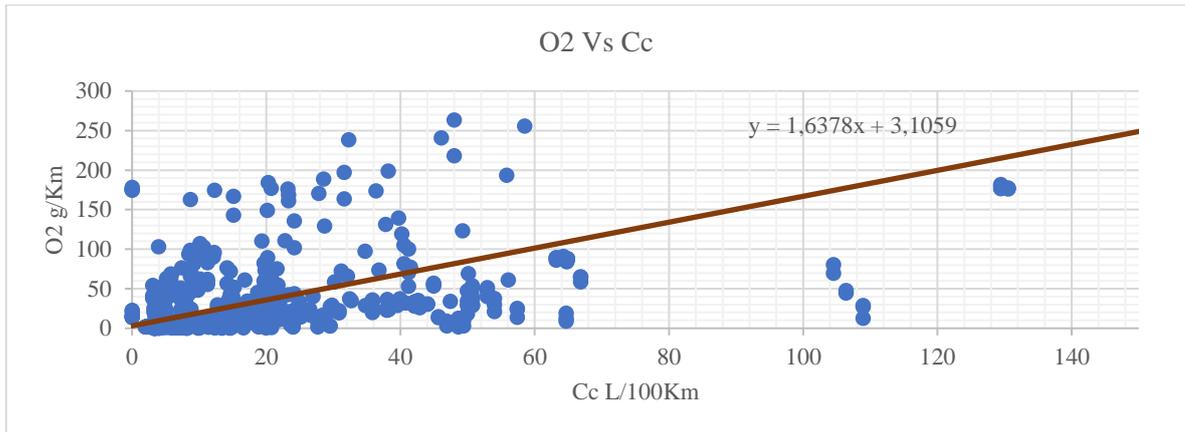


Gráfico 9-3. Tendencia O2 vs Cc

Realizado por: Autores.

La figura 9-3 muestra una concentración de datos en los primeros 40 litros/100Km que indican una relación directamente proporcional con la generación de oxígeno en gramos por kilómetro.

Tabla 7-3. Datos específicos de emisiones contaminantes en los ciclos de conducción.

| | CO(g/Km) | CO2(g/Km) | HC(g/Km) | O2(g/Km) | Nox(g/Km) | Cc L/100Km | DIST (Km) |
|-----------|----------|-----------|----------|----------|-----------|------------|-----------|
| TODOS | 10,494 | 322,700 | 0,247 | 20,311 | 0,281 | 9,818 | 4,791 |
| 1200-1400 | 20,233 | 245,100 | 0,382 | 7,478 | 0,208 | 8,070 | 5,584 |
| 1500-1600 | 14,372 | 239,712 | 0,364 | 9,713 | 0,242 | 10,989 | 5,402 |
| 1800-2200 | 15,341 | 432,967 | 0,406 | 28,410 | 0,403 | 11,011 | 4,423 |

Fuente: Autores

Realizado por: Autores

En la Tabla 7-3. Muestra todos y cada uno de los datos que han sido obtenidos mediante las pruebas en ruta, dando como resultado valores exactos. Cada dato esta subdividido en los diferentes tipos de cilindrada estudiados como son: 1200-1400, 1500-1600, 1800-2200 y un promedio de todos.

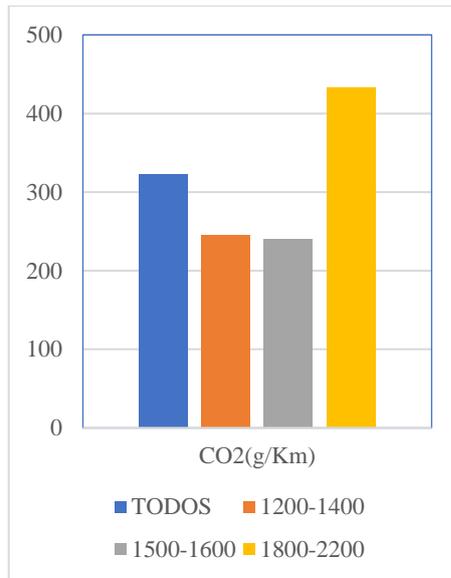


Gráfico 10-3. Cantidad de CO2 por cilindrada.

Realizado por: Autores.

En el grafica 10-3. Muestra la cantidad de CO2 en g/ Km dividida por cilindradas. Dando como conclusión que el mayor valor significativo de CO2 se presenta en la cilindrada de 1800 -2200 con un promedio de 450 a 500 g/km. Y la menor cantidad se lo encuentra en la cilindrada 1500-1600.

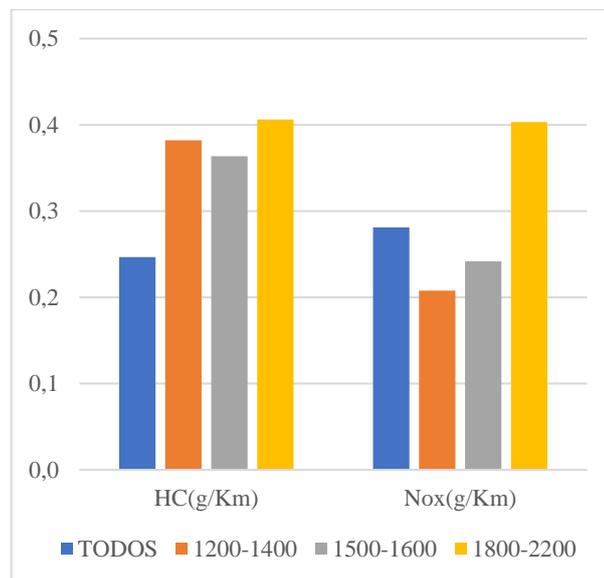


Gráfico 11-3. Cantidad de HC y NOx por cilindrada.

Realizado por: Autores.

En la gráfica 11.3. Indica que el mayor valor significativo tanto para los hidrocarburos como para el óxido de nitrógeno se encuentra presente en la división de la cilindrada perteneciente a 1800 a 2200. En el caso de los hidrocarburos la cantidad más baja lo representa la cilindrada de 1500 a 1600 y en el caso del óxido de nitrógeno se encuentra en la cilindrada de 1200 a 1400. Puesto que

las emisiones de HC y de NOx están relacionadas con la cantidad de combustible (Hidrogeno, Carbono) y de aire (Oxigeno, nitrógeno) que ingresa a la cámara de combustión se concluye que a mayor cilindrada mayor será las emisiones de HC y NOx.

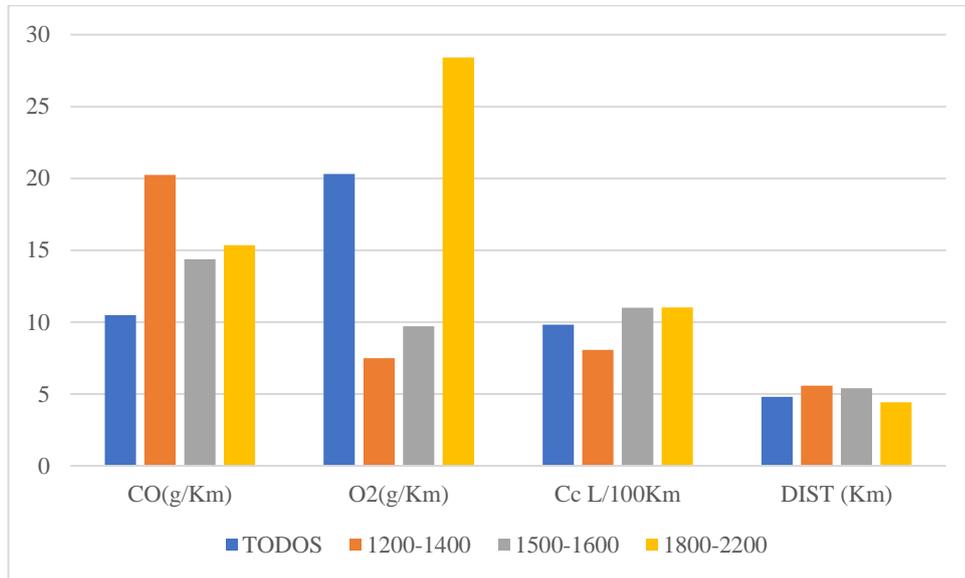


Gráfico 12-3. Cantidad de CO, O2, Cc y Distancia por cada cilindrada.

Realizado por: Autores.

En el gráfico 12-3. Se muestra la cantidad de CO, O2, consumo de combustible y la distancia recorrida. Donde el CO tiene una mayor cantidad de emisión en la cilindrada de 1200 a 1400 mientras que del oxígeno O2 se encuentra en la cilindrada de 1800 a 2200cc. Adicional a ello se tiene la cantidad de combustible consumido y se denota en litros por 100km, existe una similitud en el consumo de la cilindrada de 1500 a 1600 y de 1800 a 2200, concluyendo que el mayor consumo de combustible se origina en los motores de 1500 a 2200cc. En cuanto a distancia recorrida se encuentra la mayor distancia en los autos de la cilindrada de 1200 a 1400cc estudiados en la investigación.

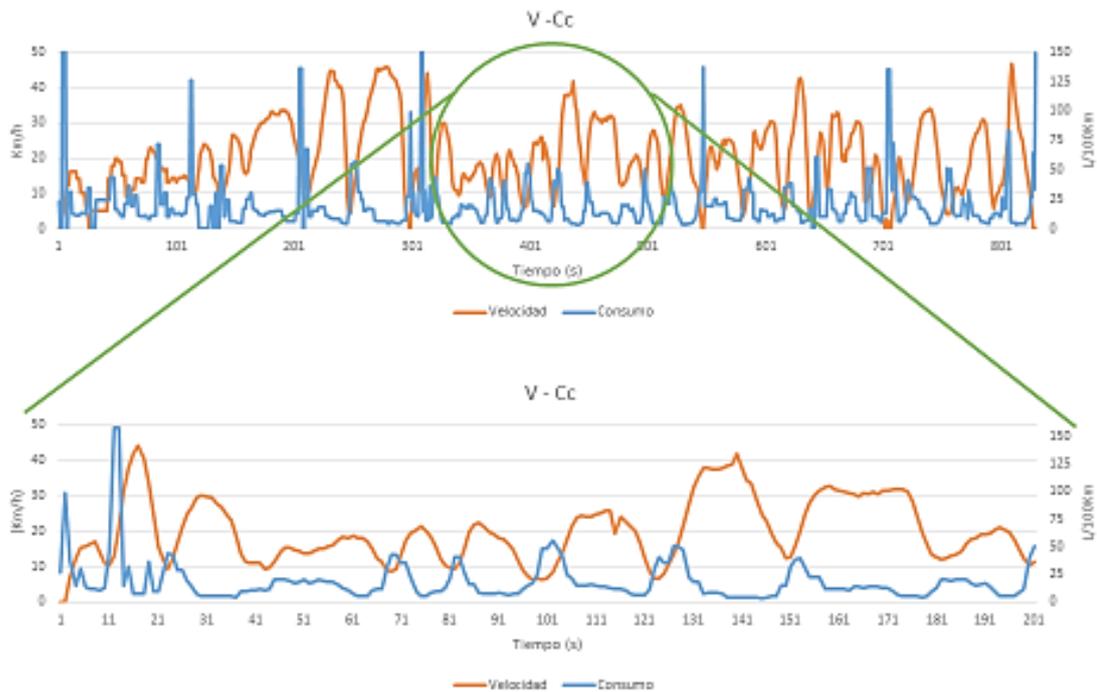


Gráfico 13-3. Consumo sobrepuesto al ciclo de conducción.

Realizado por: Autores.

En el gráfico 13-3. Muestra un ciclo de conducción sobrepuesto al consumo en litro por 100/km recorridos la misma que al ampliarla de observa que existe picos de consumo en velocidades bajas en el instante de incrementar la velocidad, y se incrementa directamente con la razón de cambio de la velocidad debido a que el vehículo a velocidades bajas tiene que romper la inercia para poder movilizarse. Sabiendo que a revoluciones más altas demandan mayor fuerza y por consecuencia habrá mayor consumo.

CONCLUSIONES

- El dispositivo OBDII y MAHA MET 6.3 son ideales para la construcción de ciclos de conducción y análisis de gases ya que permite un emparejamiento debido a que ambos trabajan con una frecuencia de 1Hz, dando información de la ECU y emisiones.
- Los ciclos estandarizados utilizados generalmente en estudios similares de índice de contaminantes no reflejan el tipo de conducción existente en la ciudad de Riobamba por lo que se optó por la construcción de un ciclo de conducción basado en la técnica de microciclos, obteniendo cuatro ciclos de $800\pm 60s$.
- El análisis de índice de contaminantes y consumo aplicando un ciclo de conducción permite obtener datos más cercanos a la realidad debido a que se encuentran implícitas las variables que no se consideran en una prueba estática o en un banco dinamométrico.
- El almacenamiento de los datos obtenidos en el presente trabajo, a la nube permite evidenciar y disponer de un banco de información de libre acceso para posteriores estudios.
- Se logró evidenciar que la mayor cantidad de emisiones contaminantes se genera en los automóviles de cilindradas grandes como son los de 1500 a 1600cc y de 1800 a 2200cc por lo que se concluye que a mayor cilindrada, mayor será las emisiones contaminantes.
- Los motores de cilindrada menor a 1400cc proporcionan un menor consumo de combustible debido a que se necesita menor cantidad de mezcla (aire y gasolina) además que la cámara y carrera de motor son relativamente pequeñas y no admite un volumen mayor.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda llevar a cabo más investigaciones sobre el desarrollo de ciclos de conducción permutando distintas variables tales como; cilindrada del motor, año de fabricación, tipo, uso, horarios, rutas, entre otros para determinar parámetros para una posible estandarización de un ciclo de conducción para la ciudad de Riobamba y futuras homologaciones de vehículos que ingresen al país.
- El presente estudio se diseñó y construyó un ciclo de conducción específico para la ciudad de Riobamba, la misma que se encuentra por encima de los 2700msnm, a causa de que Ecuador a pesar de ser un país pequeño posee diferentes tipos de características geográficas y diseños urbanísticos se recomienda replicar el presente trabajo sobre las principales ciudades u desarrollar al menos un ciclo de conducción por región que describa las características del mismo ya que un solo ciclo estandarizado no puede abarcar la diversidad del país, como actualmente se maneja los estándares INEC 2 204:2002 en base al ciclo de manejo FTP-75.
- Debido a que el análisis de consumo y emisiones de gases se desarrolló en una muestra de vehículos con rezago tecnológico promedio de 10 años, lo cual está ligado a las tecnologías de control de emisiones de su año de fabricación, por lo cual se debería seguir la misma metodología de la presente investigación para desarrollar análisis en la medida de lo posible con vehículos que cuenten con tecnologías actuales y determinar si realmente las nuevas tecnologías ayudan a mitigar el consumo y por ende las emisiones.
- A nivel mundial el estudio de consumo y emisiones de gases residuales de los vehículos se desarrolla mediante equipos especializados, analizadores de emisiones portátiles (PEMS) lo cual conlleva una inversión muy elevada, se recomienda seguir la metodología del presente estudio por motivo que entrega datos fiables con un menor presupuesto.

GLOSARIO

Combustión: Significa la combinación directa de oxígeno en forma gaseosa con sustancias de combustible. Cualquier otra combinación de sustancias químicas productoras de calor. (MARCAS, 1999)

Concentraciones volumétricas: Se obtiene dividiendo la cantidad de cada sustancia entre el volumen de la mezcla. Son adecuadas para describir la composición de mezclas líquidas y sólidas porque el volumen es casi insensible a cambios de temperatura y presión. (CASTELLAN, 1987)

Correlación: Expresa en qué grado los sujetos tienen el mismo orden en dos variables. Lo que expresan estos coeficientes se entiende bien mediante su representación gráfica, los diagramas de dispersión en los que las dos variables están simbolizadas con las letras X e Y. (MORALES, 2011)

Estequiométrico: Viene de se encarga de la medición cuantitativa de los componentes en una reacción química, su nombre proviene de las palabras griegas stoicheion (elemento) y metrón (medida). (CRUZ, 2018)

Frecuencia: Es el número de crestas que pasan por cualquier punto en un segundo. Se mide en el sistema internacional por Hertzios. La frecuencia está directamente relacionada con la altura de un sonido. (GOMEZ, 2004)

Hidrocarburos: Están constituidos solamente por elementos de carbono e hidrógeno son los compuestos básicos de la química orgánica y en su estructura aparecen exclusivamente enlaces de carbono-carbono y carbono-hidrógeno. (KLAGES, 2001)

Interfaz: Es la unión entre dos fases temporales distintas. Por lo general, se recurre a este concepto para expresar situaciones de encuentro en movimiento o tránsito. (SAGOLS, 2006)

Tendencia: Se considera que una tendencia es una corriente o una preferencia generalizada por la cual las personas se inclinan a preferir determinados fines o determinados medios por sobre otros. (DEBORAH, 2015)

BIBLIOGRAFIA

ALEXANDER GARCÍA, E. C. *Motores de combustión interna (MCI) operando con mezclas de etanol gasolina: revisión.* Ciencia e ingeniería Neogranadina, 2016, 75-96.

AVL-DITEST. *Manual de funcionamiento AVL DITEST SPEED 2000.* [en línea], 2012. Disponible en: <https://docplayer.es/68088126-Manual-de-funcionamiento-avl-ditest-speed-2000-future-solutions-for-today-numero-de-identificacion-at7719-revision-00-edicion-november-2012.html>

AVL-DITEST. *Uso universal de turismos, vehículos comerciales y motocicletas.* [en línea] AVL DITEST SPEED 2000. [Consulta: 12 enero 2020] Obtenido de <https://www.avlditest.com/index.php/en/emt-speed-2000.html>

BARLOW, T., LATHAM, S., & BOULTER, P. *A reference book of driving cycles for use in the measurement of road vehicle emissions.* TRL Project Report, 2009 .

BERENSON, M., & LEVINE, D. *Estadística básica en administración, conceptos y aplicaciones.* México: Pearson Educación, 1996.

BOSH. *Sistema de inyección electrónica.* [en línea] BOSCH [Consulta: 12 enero 2020] Obtenido de http://www.boschautopartes.com/media/la/aa_sites_la/products_and_services/automotive_parts/gasoline_1/download_5/HIRES_PDF_59963.pdf

CABALLERO, M. *Análisis de emisiones de vehículos livianos según ciclos de conducción específicos para la región metropolitana.* Santiago de Chile: Universidad de Chile, 2011.

CAIZA, P. *Determinación de la influencia de la altura en emisiones contaminantes de un vehículo con motor de ciclo Otto, de inyección electrónica de gasolina.* Quito : Escuela Politécnica Nacional, 2010.

CARNICER, J. *Contaminación Ambiental.* Madrid: EOI, 2007.

ELAKHAME, Z. U., ALHASSAN, O. A., & SAMUEL, A. E.. *Development and Production of Brake Pads from Palm Kernel Shell Composites.* International Journal of Scientific & Engineering Research, 2014, pp 10.

FERRER, Á. *Inyección Diésel: todo lo que tienes que saber* [en línea]. [Consultado: 14 febrero 2020], Obtenido de <https://www.autonocion.com/inyeccion-diesel-motor/>

FONTAINE F. *Geo Ecuador 2008*. [en línea] [Consultado: 12 febrero 2020] Obtenido de <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/41444.pdf>

GALICIA, X. D. *Análisis de gases*. [en línea] [Consultado: 12 febrero 2020] Obtenido de <https://www.edu.xunta.gal/centros/cifpsomeso/system/files/ANALISIS+DE+GASES.pdf>

GONZÁLEZ, R. *Los ciclos de manejo, una herramienta útil si es dinámica para evaluar el consumo de combustible y las emisiones contaminantes del auto transporte*. *INGENIERÍA Investigación y Tecnología*, 2005, pp 4-12.

HUERTAS, J. *Real emissions, driving patterns and fuel consumption of In-Use Diesel Buses operating at high altitude*. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 2019, pp 21-36.

IEA. *Explore energy data by category, indicator, country or region*. [en línea] [Consultado: 10 diciembre 2019] International Energy Agency.

JUAN ROCHA, V. Z. *Análisis del funcionamiento del motor de encendido provocado, debido a la presencia de aditivos*. Quito: Escuela Politécnica Nacional, 2015.

LECUONA, A. *Motores de combustión interna*. [en línea] [Consultado: 14 diciembre 2019] Obtenido de <http://ocw.uc3m.es/ingenieria-termica-y-de-fluidos/motores-termicos/cap-7-combustion-mep-19.pdf>

MAHA. *MET 6.3 Analizador Combinado*. [en línea] MET 6.3 [Consultado: 21 enero 2020] Obtenido de <https://www.maha.de/analizador-de-gases-met-6-3-analizador-combinado.htm>

MARTÍNEZ, A. *Motores de combustión interna*. IES Baix Montseny, 2007.

OTERO, S. *Manual básico acerca del automóvil y su motor*. Primera edición. Ibarra, Ecuador, 2017 pp 3-4.

OVIDIO, F. *La evolución del automóvil*. Valencia, España: Universitat Jaume, 2015.

QINGDAO SAINT.Bo *Mechanical-electronic*. [en línea] Braque Pad [Consultado: 18 diciembre 2019] Obtenido de <http://www.brakepads.cn/es/1-2-low-copper-ceramic-brake-pads.html>

RECALDE, M. *Análisis de emisiones en vehículos a gasolina utilizando pruebas estacionaria y dinámica mediante ciclo IM-240*. 17-25. Escuela Politécnica Nacional. Quito-Ecuador, 2015.

ROMAN, W. *Funcionamiento de motores de combustión interna*. Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey-México, 1984.

SL, A. *Tipos de gases . .* [en línea] SL [Consultado: 20 enero 2020] Obtenido de https://www.as-sl.com/pdf/tipos_gases.pdf

SORTAGO, V. *Seis urbes en Ecuador se exceden en contaminación ambiental según OMS*, [en línea], EL COMERCIO, [Consultado: 20 enero 2020] Obtenido de <https://www.elcomercio.com/tematicas/ciudades-ecuador-polucion-enfermedades-contaminacion.html#:~:text=De%20a%20los%20an%C3%A1lisis,contaminaci%C3%B3n%20perjudiciales%20para%20la%20salud.>

TONG, H., & HUNG, W. *A Framework for Developing Driving Cycles with On-Road Driving Data*. Transport Reviews, 2010 pp 37-41.

TORRES, A., & MEDINA, A. *Sistema de reducción de emisiones contaminantes procedentes de motores de combustión interna mediante tratamientos post combustión por descarga de barrera dieléctrica*. [en línea], UPS, [Consultado: 06 enero 2020] Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/13797/1/UPS-CT006949.pdf>

US. *Ciclo Otto*. [en línea], US, [Consultado: 28 enero 2020] Obtenido de http://laplace.us.es/wiki/index.php/Ciclo_Otto