



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**ANÁLISIS DEL IMPACTO AMBIENTAL EN EL USO DEL AIRE
ACONDICIONADO EN UN VEHÍCULO BAJO EL CICLO DE
CONDUCCIÓN DE RIOBAMBA.**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

AUTORES:

ANDERSON SANTIAGO SEVILLANO CEVALLOS

JOHNNY DAVID PASTILLO ANGAMARCA

Riobamba – Ecuador

2021



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**ANÁLISIS DEL IMPACTO AMBIENTAL EN EL USO DEL AIRE
ACONDICIONADO EN UN VEHÍCULO BAJO EL CICLO DE
CONDUCCIÓN DE RIOBAMBA.**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

AUTORES: ANDERSON SANTIAGO SEVILLANO CEVALLOS

JOHNNY DAVID PASTILLO ANGAMARCA

DIRECTOR: Ing. PAÚL ALEJANDRO MONTÚFAR PAZ

Riobamba – Ecuador

2021

© 2021, Anderson Santiago Sevillano Cevallos & Johnny David Pastillo Angamarca

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.

Nosotros, ANDERSON SANTIAGO SEVILLANO CEVALLOS & JOHNNY DAVID PASTILLO ANGAMARCA, declaramos que el presente trabajo de Integración Curricular es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 02 de diciembre de 2021





Anderson Santiago Sevillano Cevallos
100376258-8



Johnny David Pastillo Angamarca
100397298-9

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto de Investigación: **ANÁLISIS DEL IMPACTO AMBIENTAL EN EL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN UN VEHÍCULO BAJO EL CICLO DE CONDUCCIÓN DE RIOBAMBA**, realizado por los señores: **ANDERSON SANTIAGO SEVILLANO CEVALLOS & JOHNNY DAVID PASTILLO ANGAMARCA** ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos y legales; en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Elvis Enrique Argüello PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2021 – 12 – 02
Ing. Paúl Alejandro Montúfar Paz DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2021 – 12 – 02
Ing. Víctor David Bravo Morocho MIEMBRO DEL TRIBUNAL		2021 – 12 – 02

DEDICATORIA

En primer lugar, dedico el presente trabajo de investigación a la Madre Dolorosa que es mi luz para cumplir mis objetivos, a Dios y a toda mi familia porque fueron el motor para seguir adelante, cumpliendo valores inculcados por cada uno de ellos y lograr un objetivo en donde todos forman parte de este logro, como no dedicar a mis angelitos del cielo que sé que están orgullosos de que cumplimos una meta más.

Anderson

Este trabajo de investigación se lo dedico en primer lugar a Dios por ser el mentor principal en mi vida. Sin embargo, como no dedicar todo lo bueno a mis padres que son la base para mi crecimiento personal y profesional, motivándome a batallar todos los días por lo que quiero lograr, enseñándome que todo tiene su propósito, limitado por días excelentes que siempre dejan recuerdos y días no tan buenos que dejan enseñanzas para superarnos como personas, forjando así los objetivos de vida.

David

AGRADECIMIENTO

A los docentes de prestigiosa institución por haber impartido sus conocimientos y experiencias por el bien de la sociedad, por haberme hecho sentir parte de una familia con ellos y mis compañeros y un hogar en cada una de las aulas.

A mi familia, de manera especial a Yolanda Sevillano que fue quien dio cada uno de los pasos, de los escalones para poder lograr esta meta.

Al ingeniero Paúl Montúfar quien abrió las puertas y encamino para que se dé presente investigación siendo aporte importante en el ámbito de la educación investigativa

Anderson

A mi institución por haberme brindado tanto conocimiento y buenos recuerdos, a pesar de haber sido de lejos desde el primer instante me abrió sus puertas y siempre me sentí cómodo con su gente en cada una de sus aulas, parques, canchas, etc.

A mi familia y a todos mis seres queridos que forman parte de mi día a día dándome ánimos para seguir adelante.

Al Ingeniero Paúl Montúfar mi tutor, y a mi compañero de este trabajo y amigo Anderson por toda la paciencia y buena voluntad brindada para avanzar positivamente y sacar adelante nuestro tema de análisis, en mi corazón queda una gran admiración y respeto hacia cada uno de ustedes.

David

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
RESUMEN.....	xv
SUMMARY.....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I	
1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	2
1.1. Antecedentes.....	2
1.2. Justificación.....	2
1.3. Objetivos.....	3
1.3.1. <i>Objetivo general</i>	3
1.3.2. <i>Objetivos específicos</i>	3
1.4. Problemática.....	4
1.5. Hipótesis.....	4
1.6. Estado del arte.....	4
1.6.1. <i>Aire acondicionado</i>	4
1.6.2. <i>Gas refrigerante</i>	5
1.6.3. <i>Impacto Ambiental</i>	6
1.6.3.1. <i>Normativas</i>	6
1.6.3.2. <i>Control de emisiones contaminantes de fuentes móviles terrestres.</i>	6
1.6.3.3. <i>Gestión ambiental. Aire. Vehículos automotores. Determinación de la concentración de emisiones de escape en condiciones de marcha mínima o “ralentí”. Prueba estática.</i>	6
1.6.3.4. <i>Gestión ambiental. Aire. Vehículos automotores. Límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres de gasolina.</i>	6
1.6.3.5. <i>Evolución de la normativa EURO</i>	7
1.6.4. <i>Emisiones vehiculares</i>	7
1.6.4.1. <i>Clasificación de las emisiones</i>	8
1.6.4.2. <i>Control de emisiones contaminantes</i>	9
1.6.4.3. <i>Contaminantes de emisiones vehiculares</i>	11
1.6.5. <i>Consumo de combustible</i>	13

1.6.5.1.	<i>Combustibles en el Ecuador</i>	21
1.6.6.	Ciclo de conducción	22
1.6.6.1.	<i>Ciclo de conducción del mundo real y sus impactos en el consumo de combustible</i> ..	23
1.6.6.2.	<i>Factores del ciclo de conducción</i>	25

CAPÍTULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO	31
2.1.	Estructura del marco metodológico	31
2.2.	Diseño metodológico	32
2.2.1.	<i>Variable dependiente</i>	32
2.2.2.	<i>Variable independiente</i>	32
2.2.3.	<i>Tipo de investigación</i>	32
2.2.3.1.	<i>Descriptiva</i>	32
2.2.3.2.	<i>Cuantitativa</i>	32
2.2.3.3.	<i>Experimental</i>	33
2.2.4.	Población y muestra	33
2.2.4.1.	Población	33
2.2.4.2.	<i>Muestra</i>	33
2.2.4.3.	<i>Unidad de muestreo</i>	33
2.2.4.4.	<i>Unidad de análisis</i>	33
2.2.4.5.	<i>Sitio de experimentación</i>	33
2.2.4.6.	<i>Tipo de muestreo</i>	34
2.2.4.7.	<i>Método de selección de la población</i>	34
2.3.	Materiales y métodos	34
2.3.1.	Equipos para la obtención de datos	34
2.3.1.1.	<i>Interfaz ELM 327</i>	35
2.3.2.	Determinación de ruta para la obtención de datos	37
2.3.3.	Vehículos utilizados para la obtención de resultados	38
2.3.4.	Método para la obtención de datos	38
2.3.4.1.	<i>Análisis de variables</i>	40
2.3.4.2.	<i>Análisis ANOVA</i>	40
2.3.4.3.	<i>Factores de emisión</i>	41
2.3.4.4.	<i>Modelo simplificado de la combustión</i>	41
2.3.4.5.	<i>Recopilación de datos.</i>	45
2.3.5.	Método de análisis estadístico	45

CAPÍTULO III

3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	46
3.1.	Análisis de datos	46
3.2.	Correlación de Pearson entre base datos del Analizador de gases y dispositivo ELM 327	46
3.3.	Ciclo de conducción Riobamba	48
3.3.1.	<i>Ciclo de conducción Kia Picanto</i>	48
3.3.2.	<i>Ciclo de conducción Audi Q5</i>	49
3.4.	Concentraciones volumétricas de emisión de gases	49
3.4.1.	<i>Aire acondicionado desactivado V1 - V2</i>	49
3.4.2.	<i>Aire acondicionado activado V1 - V2</i>	50
3.4.3.	<i>Concentración volumétrica de CO (%), HC (ppm), NO_x (ppm) con el Aire acondicionado activado kia picanto</i>	50
3.4.4.	<i>Concentración volumétrica de CO (%), HC (ppm), NO_x (ppm) con el Aire acondicionado desactivado kia picanto</i>	52
3.4.5.	<i>Concentración volumétrica de CO (%), HC (ppm), NO_x (ppm) con el Aire acondicionado activado Audi Q5</i>	54
3.4.6.	<i>Concentración volumétrica de CO (%), HC (ppm), NO_x (ppm) con el Aire acondicionado desactivado Audi Q5</i>	55
3.5.	Factores de emisión	57
3.5.1.	<i>Factores de emisión promedio con el Aire acondicionado activado V1 - V2</i>	57
3.5.2.	<i>Factores de emisión promedio con el Aire acondicionado desactivado V1 - V2</i>	58
3.6.	Consumo de combustible	59
3.6.1.	<i>Consumo de combustible con el Aire acondicionado activado V1, V2</i>	59
3.6.2.	<i>Consumo de combustible con el Aire acondicionado desactivado V1, V2</i>	59
3.6.3.	<i>Consumo de combustible Kia Picanto</i>	60
3.6.4.	<i>Consumo de combustible Audi Q5</i>	60
3.7.	Discusión y Resultados	60
	CONCLUSIONES	65
	RECOMENDACIONES	67
	GLOSARIO	
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Impacto ambiental de los refrigerantes del aire acondicionado	5
Tabla 2-1:	Valores de emisiones contaminantes EURO	7
Tabla 3-1:	Tipo de combustible: Gas-Etanol.....	10
Tabla 4-1:	Características y clasificación de los contaminantes	12
Tabla 5-1:	Emisiones, modo ON y OFF A/C usando 134a y R-12 vehículo 1300cc	13
Tabla 6-1:	Emisiones generadas del ciclo de conducción MET 6.3	13
Tabla 7-1:	Consumo de combustible del Toyota Corolla 2009 en función del A/C.	14
Tabla 8-1:	Consumo de combustible desactivación y activación aire acondicionado.....	17
Tabla 9-1:	Tiempo de Inyección A/C desactivado.	18
Tabla 10-1:	Tiempo de inyección A/C activado con refrigerante R-134a.	18
Tabla 11-1:	Tiempo de inyección A/C activado con refrigerante R-12.	19
Tabla 12-1:	Estimación de consumo de combustible para el ciclo FTP75 y HWFET.	20
Tabla 13-1:	Estimación de consumo de combustible para el ciclo de conducción en todos los vehículos del estudio.	21
Tabla 14-1:	Características de conducción en el mundo.....	23
Tabla 15-1:	Comparación del consumo de combustible en ciclos de conducción Ecuador. ...	28
Tabla 16-1:	Factores de emisión de CO, HC, NO _x al utilizar ciclo IM240.....	29
Tabla 17-1:	Factores de emisión de CO, HC, NO _x al utilizar ciclo On Board.....	29
Tabla 18-1:	Datos específicos del ciclo de conducción.	30
Tabla 1-2:	Estructura del marco metodológico.....	31
Tabla 2-2:	Características - Analizador de gases MAHA MET 6.3.....	34
Tabla 3-2:	Protocolos de comunicación – Dispositivo ELM 327	36
Tabla 4-2:	Características del Vehículo 1 AUDI Q5	38
Tabla 5-2:	Características del Vehículo KIA PICANTO.....	38
Tabla 6-2:	Designación de factores y niveles para su estudio.....	40
Tabla 7-2:	Iteraciones de factores - Vehículo 1	40
Tabla 8-2:	Iteraciones de factores - Vehículo 2.....	41
Tabla 9-2:	Fórmula molecular equivalente.....	42
Tabla 10-2:	Ecuaciones de balance de masa.....	43
Tabla 1-3:	Promedios de concentraciones volumétricas AC/OFF	49
Tabla 2-3:	Promedios de concentraciones volumétricas AC/ON.....	50
Tabla 3-3:	Promedios de Factores de emisión Audi Q5 AC/ON	57
Tabla 4-3:	Promedios de Factores de emisión Kia Picanto AC/ON	57
Tabla 5-3:	Promedios de Factores de emisión Audi Q5 AC/OFF.....	58

Tabla 6-3:	Promedios de Factores de emisión Kia Picanto AC/OFF.....	58
Tabla 7-3:	Consumo de combustible promedio AC/ON Kia Picanto – Audi Q5.....	59
Tabla 8-3:	Consumo de combustible promedio AC/OFF Kia Picanto-Audi Q5.....	59
Tabla 9-3:	Consumo de combustible V1 Aire acondicionado: activado y desactivado.....	60
Tabla 10-3:	Consumo de combustible V2 Aire acondicionado: activado y desactivado.	60
Tabla 11-3:	Incremento del consumo de combustible entre AC/ON y AC/OFF ruta urbana Quito.....	61
Tabla 12-3:	Incremento del consumo de combustible entre AC/ON y AC/OFF ruta Otavalo - Ibarra	61
Tabla 13-3:	Incremento en porcentaje del consumo de combustible V1.	62
Tabla 14-3:	Incremento en porcentaje del consumo de combustible V2.	62
Tabla 15-3:	Emisión de gases AC/OFF y AC/ON R-134a y R-13 en un vehículo de 1300cc.	63
Tabla 16-3:	Promedio de concentraciones volumétricas de emisiones AC/OFF	64
Tabla 17-3:	Promedio de concentraciones volumétricas de emisiones AC/ON.....	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1:	Sistema de aire acondicionado de un vehículo	5
Figura 2-1:	Composición de los gases de escape en motores de gasolina	7
Figura 1-2:	Interfaz de la aplicación TORQUE PRO Premium.....	37
Figura 2-2:	Ruta establecida para el estudio.....	37

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-1:	Consumo de galones de la mezcla (etanol-gasolina).....	10
Gráfico 2-1:	Emisión de CO ₂ del etanol al mes	11
Gráfico 3-1:	Emisiones contaminantes en condiciones ideales	11
Gráfico 4-1:	Emisiones contaminantes en condiciones reales de motores a gasolina	12
Gráfico 5-1:	Tiempo de inyección A/C (desactivado y activado) con refrigerante R-134a y R-12 el A/C.....	19
Gráfico 6-1:	Dispersión de datos de todos los vehículos consumo de combustible/ velocidad.	21
Gráfico 7-1:	Ciclo de conducción FTP-75.....	24
Gráfico 8-1:	Ciclo de conducción HWFET	24
Gráfico 9-1:	Consumo de combustible para FTP-75 y ciclos reales.....	25
Gráfico 10-1:	Factores de emisión promedio, máximo y mínimo de CO de vehículos a gasolina por tipo de vía.....	26
Gráfico 11-1:	Factores de emisión promedio, máximo y mínimo de CO por horario.....	27
Gráfico 12-1:	Ciclo de conducción andino PTEC-593	28
Gráfico 1-2:	Proceso de obtención de datos ELM 327 – MAHA 6.3.	39
Gráfico 1-3:	Correlación de Pearson evidencia gráfica CO ₂ vs RPM con el aire acondicionado desactivado.	47
Gráfico 2-3:	Correlación de Pearson evidencia gráfica CO ₂ vs RPM con el aire acondicionado activado.	47
Gráfico 3-3:	Evidencia del ciclo de conducción de Riobamba Kia Picanto.....	48
Gráfico 4-3:	Ciclo de conducción logrado Audi Q5 cumpliendo con el ciclo de conducción de Riobamba.....	49
Gráfico 5-3:	Comportamiento del CO (%) vs Tiempo (s) AC/ON Kia Picanto.....	50
Gráfico 6-3:	Comportamiento de HC(ppm) vs Tiempo (s) AC/ON Kia Picanto.	51
Gráfico 7-3:	Comportamiento de NO _x (ppm) vs Tiempo (s) AC/ON Kia Picanto.	51
Gráfico 8-3:	Comportamiento de CO (%) vs Tiempo (s) AC/OFF Kia Picanto	52
Gráfico 9-3:	Comportamiento de HC (ppm) vs Tiempo (s) AC/OFF Kia Picanto	53
Gráfico 10-3:	Comportamiento de NO _x (ppm) vs Tiempo (s) AC/OFF Kia Picanto.....	53
Gráfico 11-3:	Comportamiento de CO (%) vs Tiempo (s) AC/ON Audi Q5.....	54
Gráfico 12-3:	Comportamiento de HC (ppm) vs Tiempo (s) AC/ON Audi Q5.....	54
Gráfico 13-3:	Comportamiento de NO _x (ppm) vs Tiempo (s) AC/ON Audi Q5.....	55
Gráfico 14-3:	Comportamiento de CO (%) vs Tiempo (s) AC/OFF Audi Q5.	55
Gráfico 15-3:	Comportamiento de HC (ppm) vs Tiempo (s) AC/OFF Audi Q5.	56

Gráfico 16-3: Comportamiento de NO_x (ppm) vs Tiempo (s) AC/OFF Audi Q5.56

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: PROTOCOLO ANALIZADOR DE EMISIONES MAHA 6.3

RESUMEN

El presente proyecto de investigación tuvo como objetivo el análisis del impacto ambiental en el uso del aire acondicionado en dos vehículos cumpliendo el ciclo de conducción de Riobamba. El estudio inicial comprendió la revisión de datos reales en investigaciones previas que permitieron conocer a detalle las características del sistema de aire acondicionado, dado que, la activación del aire acondicionado genera una variación mayor de emisiones contaminantes y algo similar ocurre con el consumo de combustible; además, se utilizó la observación directa para la recolección de datos. Posteriormente, la investigación experimental y el trabajo de campo establecieron la variable dependiente, el sistema de aire acondicionado; y, las variables independientes, velocidad, tiempo, revoluciones por minuto, emisiones de CO_2 , CO , HC , NO_x , estableciendo como muestra del estudio dos vehículos, KIA PICANTO y AUDI Q5. El enfoque cuantitativo aplicado en la medición de las variables independientes a través de equipos especializados, así como, en el análisis de datos. Se realizó una base de datos conjuntamente del analizador de gases *Maha 6.3* y el dispositivo *ELM 327 on board* segundo a segundo cumpliendo el ciclo de conducción con sus respectivos protocolos para cada prueba. Se relacionó las dos bases de datos con *Minitab* y *Tableau* obteniendo un coeficiente de correlación de Pearson 0.25 a 0.3 aceptable para el estudio. Finalmente, la base de datos de cada vehículo según su cilindrada se ajusta a la velocidad del ciclo de conducción proporcionado para la investigación. Determinando que en los dos análisis de estudio representados por diferentes cilindradas 1200cc-2000cc hay mayores emisiones contaminantes y gasto de combustible con la activación del aire acondicionado. Se recomienda a los usuarios de vehículos automotores evitar el uso del aire acondicionado en exceso y así disminuir la emisión de gases contaminantes al medio ambiente.

PALABRAS CLAVE: <EMISIÓN DE GASES CONTAMINANTES>, <FACTORES DE EMISIÓN>, <CONSUMO DE COMBUSTIBLE>, <AIRE ACONDICIONADO>, <CICLO DE CONDUCCIÓN>

1731-DBRA-UTP-2022



D.B.R.A.
Ing. Christian Castillo



SUMMARY

The objective of this research project was to analyze the environmental impact of the use of air conditioning in two vehicles fulfilling the Riobamba driving cycle. The initial study included the review of real data in previous investigations that allowed to know in detail the characteristics of the air conditioning system, since the activation of the air conditioning generates a greater variation of polluting emissions and something similar occurs with fuel consumption; in addition, direct observation was used for data collection. Subsequently, experimental research and field work established the dependent variable, the air conditioning system; and, the independent variables, speed, time, revolutions per minute, emissions of CO₂, CO, HC, NO_x, establishing two vehicles as a sample of the study, KIA PICANTO and AUDI Q5. The quantitative approach applied in the measurement of independent variables through specialized equipment, as well as in data analysis. A database was made jointly from the Maha 6.3 gas analyzer and the ELM 327 on board device second by second, fulfilling the driving cycle with their respective protocols for each test. The two databases were related to Minitab and Tableau, obtaining a Pearson correlation to its displacement is adjusted to the speed of the driving cycle provided for the investigation. Determining that in the two study analyzes represented by different displacements 1200cc – 2000cc there are higher pollution emissions and fuel consumption with the activation of the air conditioning. Users of motor vehicles are recommended to avoid excessive use of air conditioning and thus reduce the emission of polluting gases into the environment.

Keywords: <POLLUTING GAS EMISSIONS>, <EMISSION FACTORS>, <FUEL CONSUMPTION>, <AIR CONDITIONING>, <DRIVING CYCLE>.



Lcdo. Luis-Francisco Mantilla Cabrera Mgs.

C.C. 060374780-9

INTRODUCCIÓN

En la actualidad en la ciudad de Riobamba, específicamente en las zonas más frecuentadas por la ciudadanía en general, se observa constantemente el congestionamiento vehicular que se genera, produciendo variación en el consumo de combustible de los automotores y generando contaminación ambiental ocasionada por los gases que emana el sistema de escape de los vehículos.

Algunos contaminantes del aire y residuos de los vehículos pueden ser depositados en el suelo, las aguas, y la superficie donde entran en la cadena alimentaria; estas sustancias pueden afectar los sistemas respiratorio, reproductivo, inmunológico y neurológico de los seres vivos.

Los sistemas de aire acondicionado automotriz han ido evolucionando hasta los tiempos actuales con controles electrónicos y compresores más pequeños, pero a la vez más eficientes. Pero, así como los componentes del sistema de aire acondicionado evolucionaron, también evolucionaron los agentes refrigerantes ya que uno de los primeros agentes refrigerantes que se usaron fueron los CFC.

Una de las discusiones actuales más significativas en el cambio climático es en torno al tema de la emisión baja en carbono y su efecto sobre la salud humana. La energía que se utiliza en movilidad representa más del 25% del suministro de energía del mundo, la demanda mundial de petróleo se concentra en el sector del transporte con más del 50%, y la mayor parte en el transporte por carretera.

El sistema de propulsión más utilizado en la actualidad, es el motor de combustión interna alternativo MCI. La gran mayoría de estudios relacionados con los MCI, se basan en disminuir el impacto ambiental causados por su funcionamiento se habla de impacto ambiental haciendo relación al menor consumo de combustible y en la reducción de emisiones contaminantes emanadas por los vehículos sin despreciar que los motores sean más eficientes, pero menos contaminantes.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Antecedentes

Existe un incremento significativo de consumo de combustible en automóviles con sistemas de aire acondicionado, que trae mayor confort, pero mayor gasto, un aspecto que si afecta a la economía de los usuarios.

Los consumos de combustibles, difieren si el vehículo está circulando en ciudad o si lo hace en una carretera sin parar, bajo este principio, las necesidades energéticas que requiere el vehículo serán mayores, y también lo será el sistema de aire acondicionado, por tal razón, muchos usuarios optan por abrir las ventanas y utilizar la ventilación natural; esta situación está generando dejar de utilizar el aire acondicionado (Acosta & Tello, 2016, pp. xiv).

Los sistemas de aire acondicionado proporcionan seguridad, salud y confort a los ocupantes del automóvil, seguridad porque al llevar los vidrios arriba evita posibles robos o que entre al habitáculo cualquier objeto extraño que pueda causar un daño a los ocupantes, salud por purificar el aire de polvo o bacterias y una medida de precaución para evitar propagación de lo que sucede actualmente a nivel mundial por la pandemia del Covid 19; confort porque suministra un aire con menor temperatura que la del exterior y con bajo contenido de humedad disminuyendo la fatiga durante la conducción, el intervalo de temperatura que lo garantiza esta entre los 18.9 y 26.1 °C, que está por debajo de la temperatura corporal de una persona que es de 37 °C, pero a la vez genera mayor consumo de combustible por lo que se genera emisión de gases contaminantes al medio ambiente (Arias & Ludeña, 2018, p. 54).

1.2. Justificación

En el reciente trabajo de investigación se ejecutará un estudio acerca del impacto ambiental en el uso del aire acondicionado en un vehículo cumpliendo el ciclo de conducción de Riobamba. Se observa constantemente el cambio de temperatura ambiental en la actualidad y por estas condiciones se hace el uso del aire acondicionado produciendo una variación en el consumo de combustible en el automóvil por lo que podría generar contaminación ambiental generada por los gases de escape de este.

Ecuador posee un Reglamento Técnico que establece los procedimientos para el control de las emisiones contaminantes de fuentes móviles terrestres, con el fin de proteger la vida y la salud humana, animal y vegetal, ambiental, sin perjuicio de la eficiencia de los vehículos automotores. Para los propósitos de este Reglamento Técnico Ecuatoriano, los procedimientos, límites permitidos de emisiones de contaminantes, métodos de medición, protocolos de pruebas y categorías por peso vehicular corresponden a lo establecido en las Normas Técnicas Ecuatorianas NTE INEN 017:2008 “Control de Emisiones Contaminantes de Fuentes Móviles Terrestres” aplicados a vehículos motorizados tanto importados como de producción nacional (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2008, pp. 6-9).

Los gases que provienen el sistema de escape del vehículo repercuten directamente sobre la atmósfera y sobre la salud de los seres humanos. El presente proyecto que plantea un análisis sobre las emisiones contaminantes que emana el vehículo al momento de circular por las vías y zonas de la ciudad, así como determinar la cantidad de combustible que consume el vehículo.

El estado siempre ha mostrado una preocupación por regular todos los aspectos relacionados con la contaminación ambiental producida por los vehículos automotores tanto de primer ingreso, como los que se encuentren en circulación. Actualmente la energía que alimenta el sistema de refrigeración automotriz depende de la energía mecánica del motor, esto implica mayor consumo de combustible y emisión de contaminantes.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Analizar aspectos en el impacto ambiental durante el funcionamiento del aire acondicionado en un vehículo bajo el ciclo de conducción de Riobamba.

1.3.2. Objetivos específicos

- Obtener valores referenciales del impacto ambiental por medio de la obtención de datos y realizar un análisis comparativo del uso del aire acondicionado cumpliendo un ciclo de conducción.
- Alcanzar resultados de emisiones contaminantes y consumo de combustible por medio del analizador de gases y dispositivo ELM 327 con la activación y desactivación del aire acondicionado.
- Analizar datos obtenidos para la determinación de niveles de contaminación de emisión de gases y consumo de combustible.

- Proveer información del impacto ambiental que genera el uso del aire acondicionado.

1.4. Problemática

La contaminación ambiental y consumo de combustible que produce el uso del aire acondicionado de un automotor. En el Ecuador una tesis de maestría en sistemas automotrices, se realiza un estudio del sistema de aire acondicionado de un vehículo liviano, donde se evaluó el consumo de combustibles vs confort y potencia, donde se determinaron los rangos de temperatura que ayudan a controlar en forma óptima el uso del aire acondicionado, así como el consumo de combustible, posteriormente se estudió la caída en la potencia del motor por la activación del sistema comprobándose que en estos rangos también esta es la mínima posible.

Durante los últimos años ha existido un incremento en el parque automotor ecuatoriano por lo que ha ocasionado congestión y tráfico en las ciudades produce que los conductores varíen la manera de conducir el vehículo generando como resultado emisiones contaminantes y variación del consumo de combustible de los automotores (Arias & Ludeña, 2018, p. 19).

1.5. Hipótesis

El análisis de valores concentraciones volumétricas y posteriormente efectuar factores de emisión de HC, CO, CO₂, O₂, NO proporcionados por el analizador de gases permiten realizar un estudio comparativo del uso del aire acondicionado en el ciclo de conducción de la ciudad de Riobamba lo cual generara información actual del impacto ambiental incluyendo el consumo de combustible proporcionado por los dispositivos analizador de gases MAHA 6.3 y ELM 327 de un vehículo por lo que se ha considerado importante las normativas vigentes de control de emisiones contaminantes de fuentes móviles terrestres del país RTC INEN 017:2008.

1.6. Estado del arte

1.6.1. Aire acondicionado

Un sistema de aire acondicionado principalmente consta de cuatro elementos: evaporador, condensador, compresor y filtro. El compresor comprime un gas refrigerante que se expande en el evaporador originando frío y después se concentra en el condensador ocasionando calor.

El sistema de aire acondicionado de un vehículo aprovecha el circuito de ventilación y calefacción con el que cuentan los vehículos desde el año 2000, en la mayoría de los casos, en este sistema se

incorpora el evaporador el que se enfría, mientras que el condensador el que se calienta se deja que disipe el calor hacia el exterior (Rivera & Díaz, 2018, p. 25).

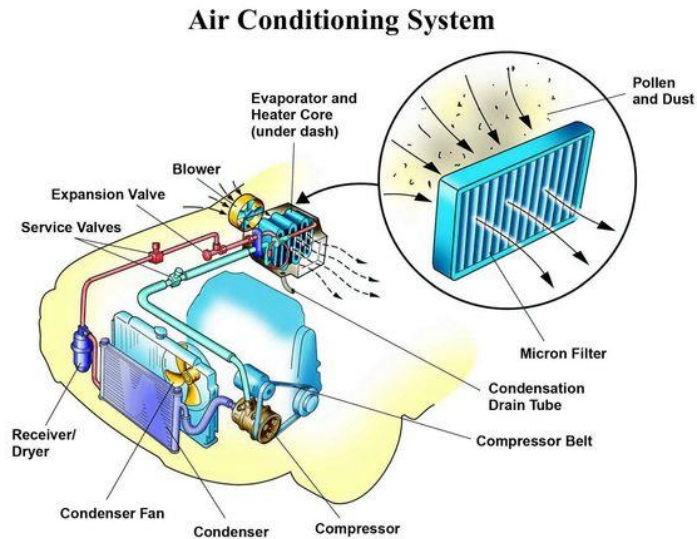


Figura 1-1: Sistema de aire acondicionado de un vehículo

Fuente: Guti, 2017.

1.6.2. Gas refrigerante

Es un fluido frigorífico cuya misión es impregnar calor en la fuente fría a baja presión y temperatura, para conferir a la fuente caliente a alta presión y temperatura. Todo ello cambia de estado de líquido a vapor y viceversa (Villanueva, 2011, p. 15).

Tabla 1-1: Impacto ambiental de los refrigerantes del aire acondicionado

Refrigerante	Potencial de degradación de ozono (ODP)	Potencial de efecto invernadero (HGWP)	Duración del efecto (años)
R-134a	0	2.8 – 3.4	120
R-12	0.92 – 1.0	2.5 – 3.0	15.1

Nota: El refrigerante R-134a posee menor potencial de degradación de ozono, y la duración del efecto es de 120 años.

Fuente: CHANCAFE 2017, p. 50.

Realizado por: Sevillano & Pastillo, 2021.

1.6.3. Impacto Ambiental

1.6.3.1. Normativas

Las normativas NTE-INEN 2203 y NTE-INEN 2204 (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2003, pp. 1-5) y (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2017, pp. 1-5), establecen referencias para el control de la emisión de gases estableciendo métodos de ensayo para determinar la concentración de las emisiones provenientes del sistema de escape de vehículos, cuyo combustible es gasolina. Por otro lado, lo fundamental de estas normativas es que permiten regular y controlar a un nivel óptimo la contaminación emitida por los vehículos.

1.6.3.2. Control de emisiones contaminantes de fuentes móviles terrestres.

Objeto: Este Reglamento Técnico Ecuatoriano establece los procedimientos para el control de las emisiones contaminantes de fuentes móviles terrestres, con el fin de proteger la vida y la salud humana, animal y vegetal, y al ambiente, sin perjuicio de la eficiencia de los vehículos automotores (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2008, p. 2).

1.6.3.3. Gestión ambiental. Aire. Vehículos automotores. Determinación de la concentración de emisiones de escape en condiciones de marcha mínima o "ralentí". Prueba estática.

Objeto: Esta norma establece el método de ensayo para determinar la concentración de las emisiones provenientes del sistema de escape de vehículos equipados con motor de encendido por chispa, en condiciones de marcha mínima o "ralentí" (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2003, p. 1).

1.6.3.4. Gestión ambiental. Aire. Vehículos automotores. Límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres de gasolina.

Objeto: Esta norma establece los límites permitidos de emisiones de contaminantes producidas por fuentes móviles terrestres (vehículos automotores) que emplean gasolina. Esta norma se aplica a las fuentes móviles terrestres de más de tres ruedas (vehículo automotor, vehículo prototipo). Esta norma no se aplica a las fuentes móviles que utilizan combustibles diferentes a gasolina. Esta norma no se aplica a motores de pistón libre, motores fijos, motores náuticos, motores para tracción sobre rieles, motores para aeronaves, motores para tractores agrícolas, vehículos motorizados clásicos, vehículos de competencia deportiva, maquinarias y equipos para uso en construcciones y aplicaciones industriales (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2017, p. 1).

1.6.3.5. Evolución de la normativa EURO

Tabla 2-1: Valores de emisiones contaminantes EURO

Normativa	CO	HC	NO _x	NO _x
Euro 1	2.72		0.95	
Euro 2	2.2		0.5	
Euro 3	2.3	0.2		0.15
Euro 4	1	0.1		0.08
Euro 5	1	0.075		0.06

Fuente: Montúfar, 2019, p. 5.

Realizado por: Sevillano & Pastillo, 2021.

1.6.4. Emisiones vehiculares

El motor de combustión de ciclo Otto no es capaz de quemar en su totalidad la mezcla aire-combustible dentro de los cilindros, es decir se produce una combustión incompleta. Entre las sustancias expulsadas en los gases de escape encontramos: monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), hidrocarburos (HC), óxidos de nitrógeno (NO_x), entre otros, los cuales representan una fracción del total de la cantidad de gases combustionados. En la figura se representa una aproximación de las cantidades de los gases de escape en un motor a gasolina ciclo Otto.

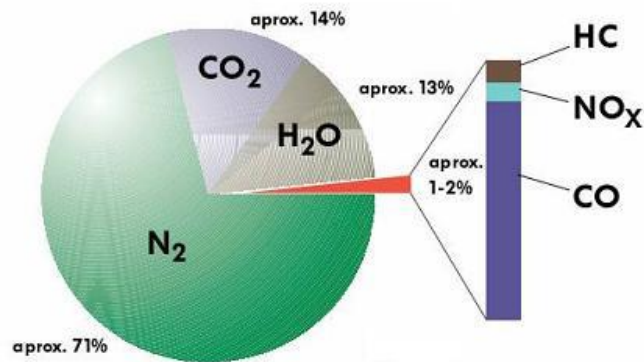


Figura 2-1: Composición de los gases de escape en motores de gasolina

Fuente: Vázquez, 2016.

1.6.4.1. Clasificación de las emisiones

Los gases generados en la combustión se clasifican en:

- Inofensivos
- Tóxicos

Emisiones contaminantes inofensivas

- *Nitrógeno (N₂):* El nitrógeno es necesario en el proceso de la combustión juntamente con el aire de admisión. La mayor parte del nitrógeno aspirado vuelve a salir puro en los gases de escape, solo una pequeña cantidad se combina con el oxígeno (O₂) formando los óxidos de nitrógeno (NO_x).
- *Oxígeno (O₂):* Es un gas fundamental para el proceso de combustión, con una mezcla ideal el consumo de combustible debería ser total, pero en el caso de la combustión incompleta, el oxígeno restante es expulsado por el sistema de escape.
- *Agua (H₂O):* Se provoca en la combustión inicial (calentamiento del motor). Es un subproducto de la combustión y es expulsado por el sistema de escape del vehículo, es un componente inofensivo de los gases de escape.
- *Dióxido de carbono (CO₂):* Es un producto de la combustión eficiente, se genera al quemar los combustibles que contienen carbono al combinarse con el oxígeno aspirado, es un gas incoloro, no combustible.

Emisiones contaminantes tóxicas

- *Monóxido de carbono (CO):* Se produce en la combustión incompleta, es una gas incoloro, inodoro, explosivo y altamente tóxico, aumenta con mezclas ricas (factor lambda menor a 1), el oxígeno existente no es suficiente para completar la combustión, por lo cual el contenido de (CO), en los gases de escape son altos. En cambio, el CO disminuye con mezclas pobres (factor lambda mayor a 1), el oxígeno presente es elevado y la combustión tiende a completarse por lo cual el contenido de CO en los gases de escape es bajo.
- *Óxidos de nitrógeno (NO_x):* Son combinaciones de nitrógeno N₂ y oxígeno O₂ como por ejemplo NO, NO₂, N₂O, etc. Los óxidos de nitrógeno se producen al existir altas presiones y temperaturas con exceso de oxígeno durante la combustión en el motor. El monóxido de nitrógeno (NO), es una gas incoloro, inodoro e insípido.
- *Hidrocarburos (HC):* Son residuos no combustionados del combustible aparecen en los gases de escape luego de la combustión incompleta. La combustión ineficiente es debido a la falta de oxígeno durante la combustión (mezcla rica) o también por una baja velocidad de inflamación (mezcla pobre). La concentración de hidrocarburos sin combustionar se reduce a valores mínimos para relaciones aire-combustible ligeramente superiores a la estequiometria,

es decir, para mezclas pobres (λ mayor a 1). Con mezclas ricas es imposible quemar por completo los hidrocarburos por falta de oxígeno (Urbina et al., 2017, p. 2).

1.6.4.2. Control de emisiones contaminantes

Los sistemas de control de emisiones de escape se han determinado con la intención de minimizar los elementos contaminantes emanados por el automotor en el ciclo de combustión y son:

- *Ignición electrónica*: consiste en un sistema electrónico que impide la corriente del primario de la bobina para generar por autoinducción la alta tensión que requiere la bobina.
- *Control de combustión (sensor de oxígeno)*: consiste en un sensor alojado a la salida del escape del motor que censa los gases de combustión y retroalimenta constantemente a la unidad de control del motor que adecua la mezcla aire-combustible acorde al estado de funcionamiento del vehículo.
- *Unidad electrónica de control*: está conformada por una unidad de control asociada a sensor MAP, sensor de posición del acelerador, sensor de temperatura y oxígeno y otros, que monitoriza y establece las cantidades adecuadas de cantidad de combustible, punto de ignición y demás parámetros.
- *Sistema de inyección adicional de aire en el escape*: se encarga de inyectar aire fresco dentro del múltiple de escape del motor reduciendo los productos incompletos de la combustión.
- *Sistema de ventilación positiva del cárter (PCV)*: está compuesto por una válvula PVC, que extrae los gases del cárter. La válvula se ubica en la tapa de las válvulas y se comunica directamente con el múltiple de admisión y trabaja en función de la carga del múltiple. Es así como una cantidad de los gases que fluyen hacia el múltiple de admisión son parte de los gases del cárter del motor, los mismos que son empleados para la combustión y reducen las emisiones nocivas de los gases.
- *Sistema de emisiones evaporativas (EVAP)*: este sistema se encarga de coleccionar los gases que se forman cuando el combustible está almacenado en el tanque. Los gases son llevados por medio de un conjunto de válvulas hacia el canister de carbono para su acumulación hasta ser purgados hacia el motor para su combustión.
- *Sistema de recirculación de gases de escape (EGR)*: su objetivo es reducir las emisiones de óxido de nitrógeno, implantando los gases del escape dentro de la cámara de combustión a través de una válvula de recirculación de los gases entre el escape y el múltiple de admisión. Por lo tanto, disminuye los picos de temperatura en la combustión.
- *Convertidor catalítico*: este dispositivo funciona idealmente entre 400° y 700°, se encarga de transformar los gases contaminantes por medio de la técnica de la catálisis en gases inertes y reducir los elementos nocivos (Urbina, 2017, pp. 1-4).

Las emisiones de gases pueden variar dependiendo del tipo de combustible recurrir a, se tiene dos tipos de combustibles, Gasolina y Gas Natural Vehicular, contra el uso del biocombustible Etanol en mezclas de Etanol- Gasolina en diferentes proporciones. El estudio realizado en Colombia-Pereira muestra que hay una superioridad ecológica frente a los combustibles de uso de Gasolina pura y el Gas Natural. “La nomenclatura E10 hace referencia a la mezcla utilizada siendo el Etanol al 10% y la Gasolina al 90%, para lo cual el número que acompaña a la E indica el porcentaje de Etanol usado en la mezcla” (Mosquera et al., 2010, pp. 141-146).

Tabla 3-1: Tipo de combustible: Gas-Etanol

Combustible	Total emisiones de CO2 (toneladas al mes)
Gas	889
E-10	1243
E-20	1191
E-40	1172
E-60	1158
E-80	1148
E-85	1147
E-100	1145

Nota: Diferentes tipos de combustibles con su representación en Toneladas de CO₂ al mes, siendo el E-10 con mayor emisión de CO₂.

Fuente: Mosquera et al., 2016, p. 146.

Realizado por: Sevillano & Pastillo, 2021.

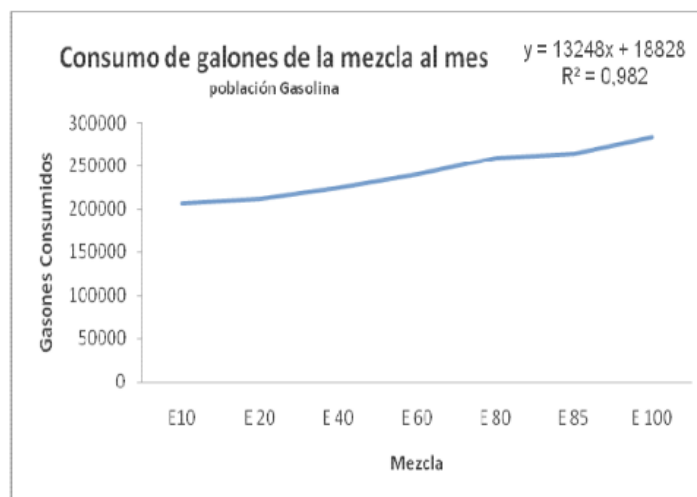


Gráfico 1-1: Consumo de galones de la mezcla (etanol-gasolina)

Fuente: Mosquera et al., 2016, p. 146.

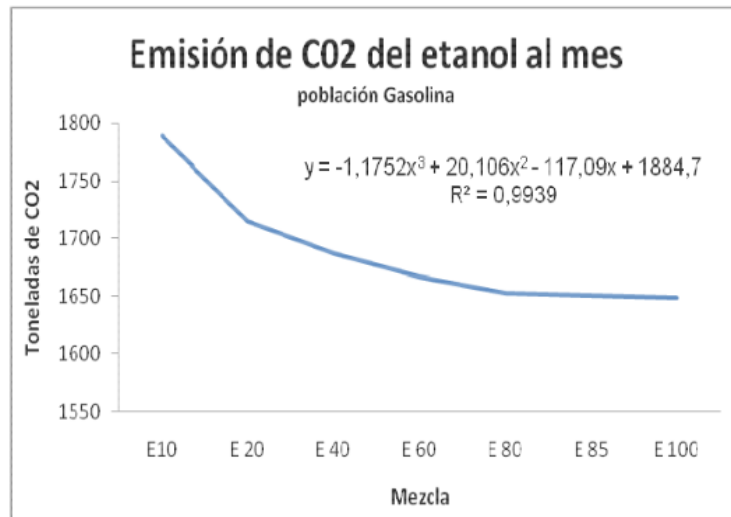


Gráfico 2-1: Emisión de CO₂ del etanol al mes

Fuente: Mosquera et al., 2016, p. 146.

1.6.4.3. Contaminantes de emisiones vehiculares

El proceso de combustión se genera cuando la mezcla de aire – combustible ingresa al motor es completamente estequiométrica y se produce de la siguiente manera:

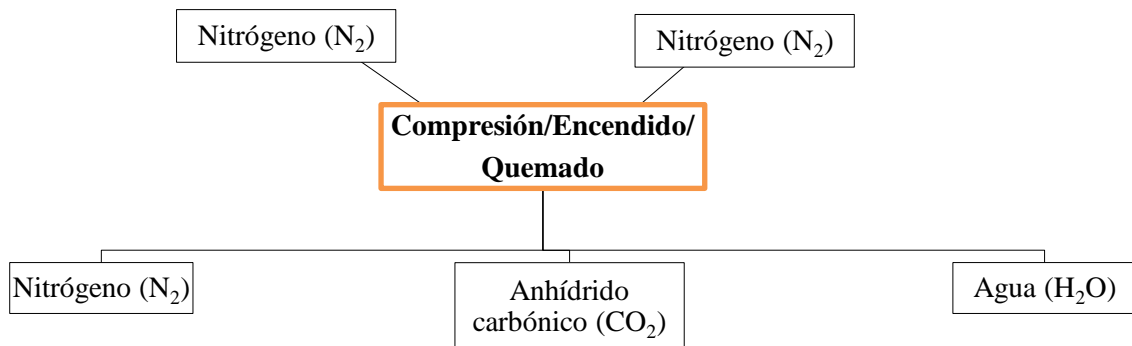


Gráfico 3-1: Emisiones contaminantes en condiciones ideales

Realizado por: Sevillano & Pastillo, 2021.

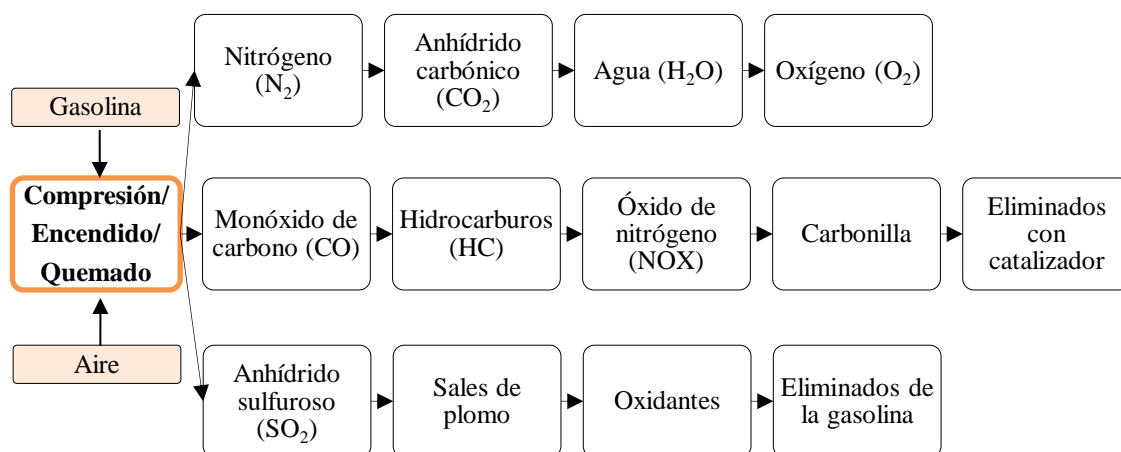


Gráfico 4-1: Emisiones contaminantes en condiciones reales de motores a gasolina

Realizado por: Sevillano & Pastillo, 2021.

Tabla 4-1: Características y clasificación de los contaminantes

Contaminantes primarios	Contaminantes o sustancias emitidas directamente a la atmósfera	Aerosoles (partículas microscópicas)
		Gases (compuestos de azufre, dióxido de carbono, nitrógeno)
		Metales pesados (cobre, mercurio, plomo, etc.)
		Sustancias reactivas
Contaminantes secundarios	Sustancia que no se emite directamente a la atmósfera, se produce por reacciones químicas que sufren los contaminantes primarios.	Contaminación fotoquímica
		Lluvia ácida
		Clorofluorocarbonos (compuestos químicos que contiene cloro, flúor y carbono que al llegar a la atmósfera se liberan átomos que dañan la capa de ozono)

Fuente: Miranda, 2020, p. 16.

Realizado por: Sevillano & Pastillo, 2021.

De acuerdo con el Decreto Supremo, dado por el Ministerio de Transportes D.S 047- 2001 MTC, se fijan los valores máximos permisibles de emisiones de gases de escape, en donde la cantidad mínima permisible de dióxido de carbono más el monóxido de carbono es de 12%, la cantidad mínima de monóxido de carbono es de 0.5% y la cantidad mínima de hidrocarburos no quemados es de 100 partes por millón.

Dentro de lo estipulado en el DS 047-2001 MTC, la temperatura del motor debe ser la temperatura normal de funcionamiento, así mismo solo se han desarrollado las pruebas con el motor a velocidad máxima, es decir a 3200 rpm (Consejo Nacional del Ambiente Perú, 2001, pp. 7-8).

Tabla 5-1: Emisiones, modo ON y OFF A/C usando 134a y R-12 vehículo 1300cc

Condición	Vehículo de 1300 cc	Medición de emisión de gases de la combustión a plena carga		
		CO ₂ + CO (%)	HC (ppm)	CO (%)
Desactivado el aire acondicionado	Vehículo 1	12.6	78	0.12
	Vehículo 2	12.3	89	0.09
	Vehículo 3	12.9	48	0.18
	Vehículo 4	13.2	56	0.23
Activado el aire acondicionado con refrigerante R-13a	Vehículo 1	13.5	67	0.23
	Vehículo 2	13	78	0.24
	Vehículo 3	13.1	63	0.19
	Vehículo 4	13.2	71	0.21
Activado el aire acondicionado con refrigerante R-12	Vehículo 1	12.9	71	0.26
	Vehículo 2	12.6	81	0.24
	Vehículo 3	12.5	74	0.31
	Vehículo 4	13.1	70	0.21

Fuente: CHANCAFE, 2017, p. 71

Realizado por: Sevillano & Pastillo, 2021.

Emisiones generadas en la prueba dinámica en Ruta en el ciclo de conducción PTEC-593 con el analizador MAHA MET 6.3. Análisis de los factores de emisión dinámicos para el vehículo Toyota Hi Lux con motor de Ciclo Otto S.I para altitudes superiores a los 2500 metros.

Tabla 6-1: Emisiones generadas del ciclo de conducción MET 6.3

Valores de emisiones			
Monóxido de carbono	CO	0.37	%
Dióxido de carbono	CO ₂	11.09	%
Hidrocarburos	C ₃ H ₆	19.337	ppm
Lambda		1.57	
Oxígeno	O ₂	2.7572	ppm

Nota: Valores de emisiones promedio de contaminantes del ciclo de conducción PTEC-593 de 1842 lecturas.

Fuente: MONTUFAR 2019, p. 12.

Realizado por: Sevillano & Pastillo, 2021.

1.6.5. Consumo de combustible

En investigaciones de años anteriores se realizaron pruebas del uso del aire acondicionado en una Ford Explorer y en un Toyota Corolla año 2009. Los datos se obtuvieron en un dinamómetro de chasis para obtener datos en distintos modos del automóvil, con el aire acondicionado encendido y apagado y las ventanas abiertas. Los datos obtenidos dieron como resultado que se consume más combustible con el aire acondicionado encendido.

La Ford Explorer mantuvo una tendencia hasta los 113 km/h; el Corolla con las ventanas bajadas igualaba al de operar el Aire acondicionado a 121 km/h y lo excedía a los 129 km/h. La tasa de

consumo de combustible es incremental debido al uso de consumo del aire acondicionado y con un ligero incremento al aumentar la velocidad del vehículo, el consumo de combustible es más bajo cuando está e ralentí, por la baja velocidad del compresor en ese punto de operación, aunque el aumento porcentual al uso del Aire acondicionado es mayor en ralentí

El consumo de combustible con el aire acondicionado inactivo para el Corolla se muestra en la parte inferior de la tabla 7- 1 El impacto del funcionamiento del aire acondicionado en el consumo de combustible con el funcionamiento del aire acondicionado es bastante alto como un aumento porcentual sobre el inactivo. La tasa de consumo de combustible del Aire acondicionado en ralentí es un poco más baja que la vista para velocidades de crucero debido a la menor velocidad del motor y del compresor de aire acondicionado fue monitoreado para que el ciclo de trabajo fuera del 100% (Huff et al., 2013, p. 2).

Tabla 7-1: Consumo de combustible del Toyota Corolla 2009 en función del A/C.

Speed	AC Off	Win Dwn	Inc.	Inc.	AC on	Inc.	Inc.
kph	l/100km	l/100km	%	l/hr	l/100km	%	l/hr
mph	gal/100mi	gal/100mi		gal/hr	gal/100mi		gal/hr
64.40	4.11	4.32	2.70	0.14	5.03	22.40	0.59
40.00	1.75	1.84		0.04	2.14		0.16
72.40	4.41	4.64	3.20	0.16	5.23	18.60	0.60
45.00	1.88	1.97		0.04	2.22		0.16
80.50	4.83	5.05	2.90	0.18	5.58	15.50	0.60
50.00	2.06	2.15		0.05	2.37		0.16
88.50	5.17	5.43	3.10	0.23	5.90	14.10	0.64
55.00	2.20	2.31		0.06	2.51		0.17
96.60	5.58	5.87	3.30	0.28	6.24	11.90	0.64
60.00	2.37	2.50		0.07	2.65		0.17
104.60	6.01	6.36	3.60	0.37	6.63	10.40	0.65
65.00	2.55	2.70		0.10	2.82		0.17
112.70	6.51	6.91	3.80	0.45	7.09	9.00	0.66
70.00	2.77	2.94		0.12	3.02		0.17
120.70	7.06	7.55	4.30	0.59	7.61	7.70	0.66
75.00	3.00	3.21		0.16	3.24		0.17
128.70	7.61	8.16	4.40	0.71	7.98	5	0.49
80.00	3.23	3.47		0.19	3.39		0.13
idle	l/hr				l/hr	Inc.	Inc.
	gal/hr				gal/hr	%	
	0.84				1.35	60.5	
	0.22				0.36		

Nota: Consumo de combustible del Toyota Corolla 2009 versus velocidad de crucero en estado estable, con la línea de base (A/C apagado), ventanas abajo y A/C encendido (ciclo de trabajo del 100%). También Se incluye la condición inactiva A/C apagado vs. A/C encendido.

Fuente: SHEAN, 2013, p. 89.

Realizado por: Sevillano & Pastillo, 2021.

La economía de combustible de un automóvil es la relación entre la distancia recorrida y la cantidad de combustible consumida por el vehículo. El uso puede expresarse en términos de volumen de combustible para recorrer una distancia, o la distancia recorrida por unidad de volumen de combustible consumido.

Es un factor importante el consumo de combustible en la contaminación del aire, muchos países imponen requisitos para el ahorro de combustible además de definir estrategias de conducción eficiente. Se usan distintos métodos para aproximar el rendimiento real del vehículo. Se logran utilizar diversas estrategias para reducir las pérdidas en cada una de las conversiones entre la energía química en el combustible y la energía cinética del vehículo.

La economía de combustible se puede expresar de dos maneras: Las unidades de combustible por distancia fija se expresan generalmente como litros por cada 100 kilómetros (L/100km), que se utilizan en la mayoría de los países europeos, China, Sudáfrica, Australia y Nueva Zelanda.

Las leyes británica y canadiense aprueban el uso de cualquiera de los litros por cada 100 kilómetros o millas por galón imperial. La etiqueta de los vehículos nuevos de EE. UU. Ha comenzado a mostrar el consumo de combustible del vehículo en galones estadounidenses por cada 100 millas, además del número de millas por galón (MPG).

Las unidades de distancia por unidad de combustible fijas como MPG se usan comúnmente en los Estados Unidos, el Reino Unido y Canadá, Kilómetros por litro (km/L) es más comúnmente utilizado en otras partes de las Américas, Europa continental, Asia, partes de África y Oceanía. Ambos MPG y km/L son unidades de distancia por cantidad fija de combustible, el aumento del valor representa el rendimiento de combustible, mientras que L/100km es una unidad de consumo de combustible por unidad de distancia fija, el aumento del valor representa importante el consumo de combustible (Nunige, 2018, p. 5).

El consumo de combustible en un motor de un vehículo está encabezado por la unidad de control, que determina el tiempo de inyección de cada inyector, y por lo tanto la cantidad de combustible que ingresa al motor.

También está dado por el tiempo de inyección, este tiempo que se mide en milisegundos, establece la cantidad exacta de combustible de acuerdo con las sollicitaciones de energía que necesita el motor si el tiempo de inyección aumenta, es porque el caudal se incrementa, así como también por el régimen de velocidad del vehículo. El inyector recibe una señal eléctrica de la unidad de control para abrir y cerrar la electroválvula.

Los tiempos de inyección modifican de acuerdo con el régimen de velocidad del motor, se debe tener en cuenta que estos motores son de inyección indirecta, es decir la inyección lo realizan en el múltiple de admisión, antes de la válvula de admisión.

Se ha recopilado información técnica en cuanto a los consumos de combustible desactivado y activado con refrigerantes R-134a y R-12, el aire acondicionado en un tiempo determinado, bajo condiciones de temperatura y humedad ambiente, de 4 vehículos de cilindrada 1300cc, dicha información ha seguido un protocolo de mediciones.

Se ha nominado información técnica en cuanto a los consumos de combustible desactivado y activado con refrigerantes R-13a y R-12, el aire acondicionado en un tiempo determinado, bajo condiciones de temperatura y humedad ambiente, de 4 vehículos de cilindrada 1300cc, dicha información ha seguido un protocolo de mediciones (Chancafe, 2017, p. 47).

Tabla 8-1: Consumo de combustible desactivación y activación aire acondicionado.

Vehículo de 1300 cc	Temperatura del medio ambiente (9 °C)	Temperatura del motor (°C)	Consumo de combustible (galones)	Costo de gasolina 90 octanos (nuevos soles)	Recorrido					Consumo específico	
					Primera medición	Segunda medición	Tercera medición	Cuarta medición	Promedio	S/. / Km	Km/galón
Vehículo 1	23	98	3.84	50	151	147	159	161	154.50	0.33	40.23
Vehículo 2	25	96	3.84	50	149	144	151	154	149.50	0.34	38.93
Vehículo 3	23	100	3.84	50	152	150	147	154	150.75	0.33	39.26
Vehículo 4	21	99	3.84	50	149	157	150	146	150.50	0.34	39.19
Vehículo 1	23	98	3.84	50	124	122	121	119	121.50	0.40	31.64
Vehículo 2	25	96	3.84	50	122	127	120	118	121.75	0.41	31.71
Vehículo 3	23	100	3.84	50	118	121	123	119	120.25	0.42	31.32
Vehículo 4	21	99	3.84	50	116	119	124	121	120.00	0.43	31.25
Vehículo 1	23	99	3.84	50	108	110	108	107	108.25	0.46	31.64
Vehículo 2	25	97	3.84	50	106	109	111	105	107.75	0.47	31.71
Vehículo 3	23	100	3.84	50	109	105	111	107	108.00	0.46	31.32
Vehículo 4	21	99	3.84	50	111	112	113	112	112.00	0.45	31.25

Fuente: CHANCAFE 2017, p. 49.

Realizado por: Sevillano & Pastillo, 2021.

El tiempo de inyección en un motor, se expresa en milisegundos, y es el tiempo en el cual el inyector recibe el pulso eléctrico, para dejar pasar combustible a una presión superior a la de la cámara de combustión.

Cuando el vehículo funciona con el aire acondicionado desactivado, existe una transmisión mecánica por medio de faja acanaladas, desde el cigüeñal hacia el compresor del refrigerante; sin embargo, el compresor al no tener refrigerante que comprimir, simplemente gira la polea del compresor. La desactivación del aire acondicionado significa que internamente en el compresor no existe un acoplamiento de sus mecanismos, que se hacen por medio de efectos magnéticos (Chancafe, 2017, p. 49).

Tabla 9-1: Tiempo de Inyección A/C desactivado.

Vehículo de 1300 cc	Medición Tiempo de inyección (milisegundos)		
	Ralentí 800 RPM	Media velocidad 1800 RPM	Plena carga 3200 RPM
Vehículo 1	3.53	3.84	4.36
Vehículo 2	3.34	3.91	4.42
Vehículo 3	3.21	3.37	4.24
Vehículo 4	3.45	4.05	4.47

Fuente: CHANCAFE 2017, p. 53.

Realizado por: Sevillano & Pastillo, 2021.

Cuando el conductor activa el aire acondicionado está accionado el sistema, el cual consiste en una serie de elementos que realizan el ciclo de compresión de vapor; éste ciclo está compuesto por 4 elementos que son el compresor, el evaporador, la válvula de expansión y el condensador. El motor del vehículo entrega energía mecánica al compresor por medio de un mecanismo de transmisión por faja, la cual entrega tanto Torque y RPM a la polea del compresor del sistema de aire acondicionado. Se realizó con el aire acondicionado activado, usando como refrigerante en el sistema el R-134a (Chancafe, 2017, p. 53).

Tabla 10-1: Tiempo de inyección A/C activado con refrigerante R-134a.

Vehículo de 1300 cc	Medición Tiempo de inyección (milisegundos)		
	Ralentí 800 RPM	Media velocidad 1800 RPM	Plena carga 3200 RPM
Vehículo 1	3.65	3.99	4.59
Vehículo 2	3.43	4.09	4.49
Vehículo 3	3.42	3.59	4.37
Vehículo 4	3.54	4.12	4.69

Fuente: CHANCAFE 2017, p. 55.

Realizado por: Sevillano & Pastillo, 2021.

Se realizó con el aire acondicionado activado, usando como refrigerante en el sistema el R-12

Tabla 11-1: Tiempo de inyección A/C activado con refrigerante R-12.

Condición	Vehículo de 1300 cc	Medición Tiempo de inyección (milisegundos)		
		Ralentí 800 RPM	Media velocidad 1800 RPM	Plena carga 3200 RPM
Activado el aire acondicionado con refrigerante R-12	Vehículo 1	3.83	4.19	4.82
	Vehículo 2	3.6	4.29	4.71
	Vehículo 3	3.59	3.77	4.59
	Vehículo 4	3.72	4.33	4.92

Fuente: CHANCAFE 2017, p. 57.

Realizado por: Sevillano & Pastillo, 2021.

Comparación de los tiempos de inyección en cada uno de los 4 vehículos cuando no está activado el aire acondicionado, cuando se activa el aire acondicionado con R-134a, y cuando se activa el aire acondicionado con R-12.

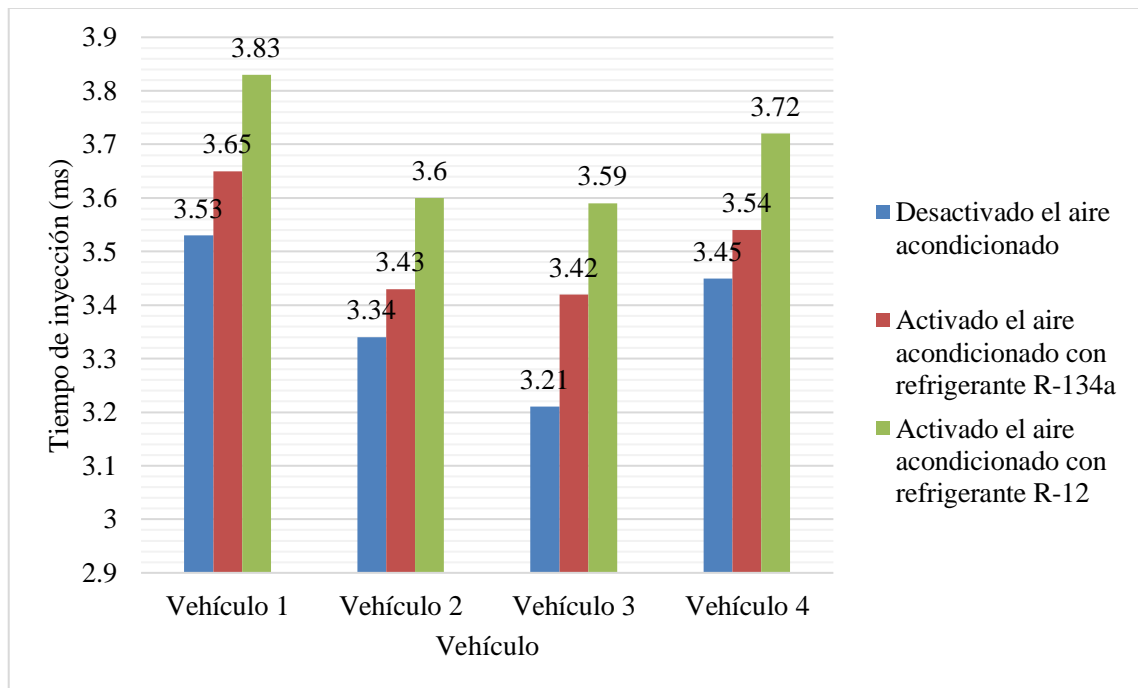


Gráfico 5-1: Tiempo de inyección A/C (desactivado y activado) con refrigerante R-134a y R-12 el A/C.

Fuente: CHANCAFE 2017, p. 57.

Realizado por: Sevillano & Pastillo, 2021.

En todos los estudios que se han realizado en cuanto a consumos de combustible, éstos se incrementan con el uso del aire acondicionado, sin embargo en la presente tesis se logró establecer que el consumo de combustible si está en función al líquido refrigerante que utiliza, básicamente por el torque que requiere el compresor para realizar el incremento de presión del refrigerante,

por lo tanto para el refrigerante R-134a, requiere de menor torque con respecto al torque que requiere el compresor cuando utiliza R-12, en el sistema (Chancafe, 2017, p. 59).

Unos de los objetivos principales del estudio es estimar el consumo de combustible de los vehículos Hyundai Santa Fe y Chery QAC con los dos ciclos de conducción en el dinamómetro de chasis en las condiciones de la localidad, por lo cual se realizaron varias pruebas para cada ciclo obteniendo como resultado los valores que se muestran en la tabla.

Determinación del consumo de combustible de vehículos en base a los ciclos de conducción EPA FTP75 y EPA HWFET, en dinamómetro de chasis. Casos de estudio: vehículos Hyundai Santa Fe 2.7L V6, 2009 y Chery QAC 1.0L, 2017 (Tapia & Tigre, 2017, pp. 5-6).

Tabla 12-1: Estimación de consumo de combustible para el ciclo FTP75 y HWFET.

	Hyundai Santa Fe	Chery QAC
	Consumo de combustible (L)	Consumo de combustible (L)
FTP-95	1.56 ± 0.041	1.012 ± 0.029
HWFET	0.88 ± 0.065	0.566 ± 0.009

Fuente: Tapia & Tigre, 2017, p. 10.

Realizado por: Sevillano & Pastillo, 2021.

Se establece que el consumo de combustible en el Ecuador no cuenta con una base de datos oficial, por lo cual se remiten a datos de fabricantes de automóviles, que no presentan las condiciones geográficas del país (Tobar y Torres 2017, p. 5).

El consumo de combustible de los ciclos de conducción de la ciudad de Riobamba está expresado en litros por cada 100 km, unidades las cuales son interpretación del consumo de combustible a nivel mundial. Por la clasificación realizada anteriormente de los vehículos de prueba, el consumo de combustible también tiene una representación similar con automóviles clasificados por cilindrada. En la tabla 13-1, se registra el consumo de combustible en todos los vehículos de prueba, obteniendo un consumo de combustible promedio de 12,06 l/100 km instantáneos, con una temperatura promedio de 89,23 °C (Calva & Flores, 2020, p. 41).

Tabla 13-1: Estimación de consumo de combustible para el ciclo de conducción en todos los vehículos del estudio.

Motor	Consumo de combustible		
	Media de consumo de viaje	13.2772478	kpl
	Media de consumo instantáneo	19.4373218	kpl
	Litros por cada 100 km instantáneos	12.0618106	L/100km
	Litros po cada 100 km (corrección a largo plazo)	7.92883738	L/100km
	Temperatura del motor		
Promedio de temperatura del motor	89.2356609	°C	

Fuente: Calva y Flores, 2020, p. 41.

Realizado por: Sevillano & Pastillo, 2021.

El consumo de combustible/velocidad en todos los vehículos, interpreta los puntos de dispersión del consumo de combustible en diferentes velocidades, dando como resultado que el mayor consumo de combustible se mantiene en velocidades de 0-10 km/h, considerando que el 0 km/h son los momentos en ralentí. El mayor consumo se mantiene hasta los 20 km/h (Calva & Flores, 2020, p. 42).

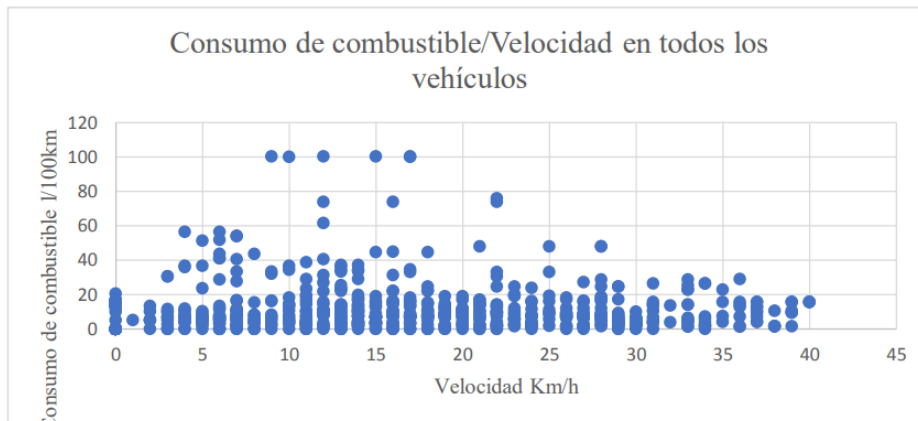


Gráfico 6-1: Dispersión de datos de todos los vehículos consumo de combustible/velocidad.

Fuente: Calva y Flores, 2020, p. 42.

1.6.5.1. Combustibles en el Ecuador

El octanaje es una manera de medición la cual determina la calidad y capacidad de consumo ya que a un mayor número de octanos mejora la potencia y rendimiento del motor con lo cual se disminuye el consumo de combustible, pero esto no deja de presentar un problema de contaminación ya que su combustión genera emisiones de azufre.

Las primeras importaciones de gasolina fueron realizadas en el año 2012 a finales de noviembre con 95 octanos con lo cual Petroecuador hizo que el índice de su octanaje de la gasolina súper y extra elevara los niveles de octanos de 81 a 87 y de 90 a 92 octanos respectivamente. La gasolina nacional posee procesos de refinación y tratamiento del petróleo o crudo pesado ya que debido a su composición química de este se puede manipular sus átomos y moléculas dando como resultado diferentes derivados entre ellos la gasolina, el tratamiento que se da a este derivado mejora su nivel de calidad y su octanaje se eleve ya que en condiciones naturales este posee un nivel bajo de octanaje (Miranda, 2020, p. 12).

En el Ecuador, principalmente se utilizan diferentes tipos de gasolinas las cuales se eligen en función de su número de octano como la denominada Extra (87 octanos) y la gasolina Súper, equivalente al combustible Premium con 93 octanos, no obstante, existe actualmente en el país un biocombustible a base de combustible Extra y 5 % de bioetanol a base de caña de azúcar, denominado Eco país. Este combustible tiene las propiedades similares a la base del Extra salvo por la adición del bioetanol como alternativa a combustibles no fósiles; el mismo se comercializa en zonas a nivel del mar (Llanes et al. 2018, p. 150).

1.6.6. Ciclo de conducción

Según (Restrepo et al., 2007, p. 230), los parámetros a considerarse para la obtención de un ciclo de conducción son:

- Distancia (km).
- Velocidad promedio (km/h).
- Velocidad máxima (km/h).
- Tiempo recorrido (s). hasta completar 800 ± 60 s.
- Aceleración promedio positiva (m/s^2).
- Tiempo con aceleración positiva (s).

El ciclo de conducción del vehículo es una serie de puntos de datos que representan la velocidad de un vehículo frente al tiempo. Este ciclo refleja la condición de trabajo real de un automotor en condiciones de tráfico específicas, se trata de una evaluación razonable desde la perspectiva económica y de emisiones del vehículo (Shi et al., 2011, p. 80)

Los ciclos de conducción son una herramienta estadística que genera un perfil de velocidad contra tiempo, siendo información estratégica para la industria automotriz y las entidades que se encargan de crear políticas a favor de mitigar las emisiones hacia el ambiente. Es así como muchos países desarrollados como: Japón, Estados Unidos de América, Australia, la Unión Europea,

China, México y otros nos permiten referenciar y analizar los ciclos más representativos y además de ser apoyo metodológico para replicar en los demás países en vía al desarrollo.

En China continental y la India, la densidad de los vehículos en la carretera suele ser mayor y los sistemas de gestión de tráfico son menos avanzados que en otros países, por lo cual, sus aceleraciones promedio son elevadas, como se lo expresa en la tabla 14-1.

Tabla 14-1: Características de conducción en el mundo.

Zona geográfica del CC	Velocidad media (Km/h)	Aceleración promedio positiva (m/s²)
Asia	27.8	0.727
Estados Unidos	36.2	0.507
Australia	35.4	0.63
Europa	41.7	0.464

Fuente: Calva y Flores, 2020, p. 12.

Realizado por: Sevillano & Pastillo, 2021.

1.6.6.1. Ciclo de conducción del mundo real y sus impactos en el consumo de combustible

Las medidas para controlar las emisiones contaminantes son un gran desafío, la contaminación que hay en las urbes afecta la calidad de vida de las personas así como al medio ambiente; se han impuesto normativas con el objetivo de controlar los agentes contaminantes, se ha regulado el consumo de combustibles, se ha inspeccionado de una mejor manera los vehículos y se ha controlado los límites de velocidad, estas son algunas medidas tomadas por el urbanismo y movilidad urbana que se ha implementado en los Estados Unidos (Barczak & Duarte, 2012, p. 21).

Según (Tong et al., 2000, p. 543) los ciclos de conducción los datos de conducción se lo realizan en carreteras y estos pueden tener algunas variables como: los tipos de ruta, el tipo de vehículo, los niveles de duración y la velocidad del vehículo. Sin embargo, los datos que se obtienen en conducción son diferentes para cada ciudad porque cada ciudad tiene diferentes condiciones geográficas, diferente suelo y diferente topografía que hacen que los datos sean únicos para cada ciudad (André et al., 2006, p. 5945).

- Procedimiento de prueba federal (FTP)

Consiste en que el vehículo debe permanecer en reposo durante un aproximado de 10 minutos para continuar con la prueba, este procedimiento es utilizado en Estados Unidos y Brasil, este procedimiento es para zonas urbanas (Roso & Santos, 2015, p. 2).

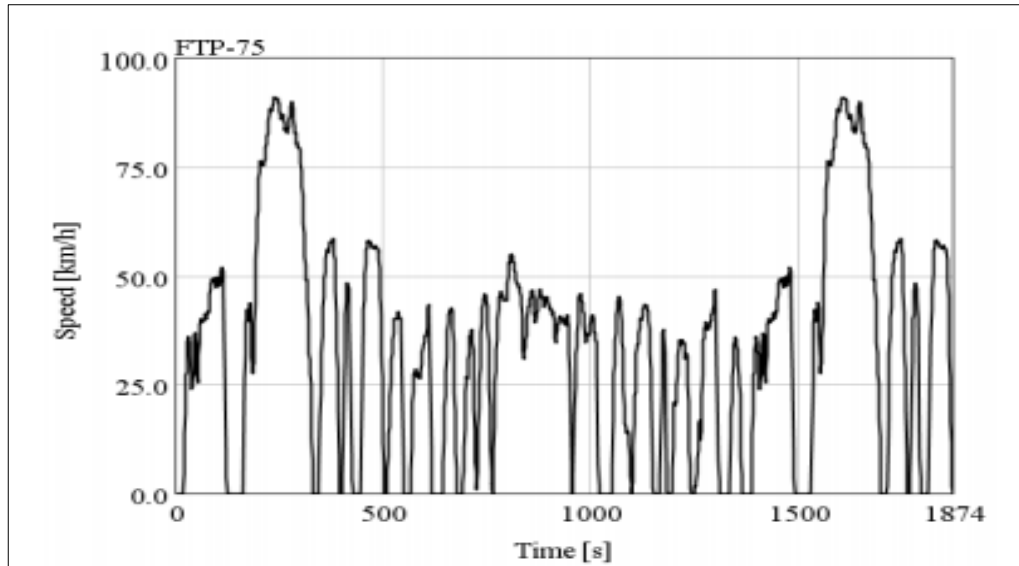


Gráfico 7-1: Ciclo de conducción FTP-75.

Fuente: Barlow, T. 2009

- *Prueba de alta economía de combustible (HWFET o HFET)*

En la prueba verificaron que el consumo de combustible de vehículos livianos en dinamómetro, este procedimiento representa el tráfico en las carreteras, este recorre una distancia de 16.5 km con una duración de 764 segundos y una velocidad promedio de 77km/h (Barlow et al., 2009, p. 25).

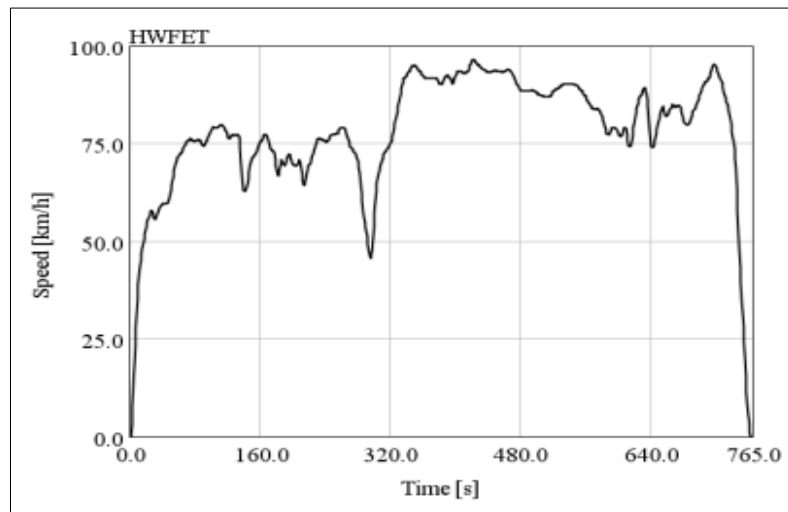


Gráfico 8-1: Ciclo de conducción HWFET

Fuente: Barlow, 2009.

En Brasil realizaron los ciclos FTP-75, pero se utiliza un ciclo estándar que es muy similar al anterior, se establece dos horarios para la conducción a las 5pm y a las 12 am en la ciudad de Santa María; se muestra el consumo de combustible y las emisiones de gases (Roso & Santos, 2015, p. 2).

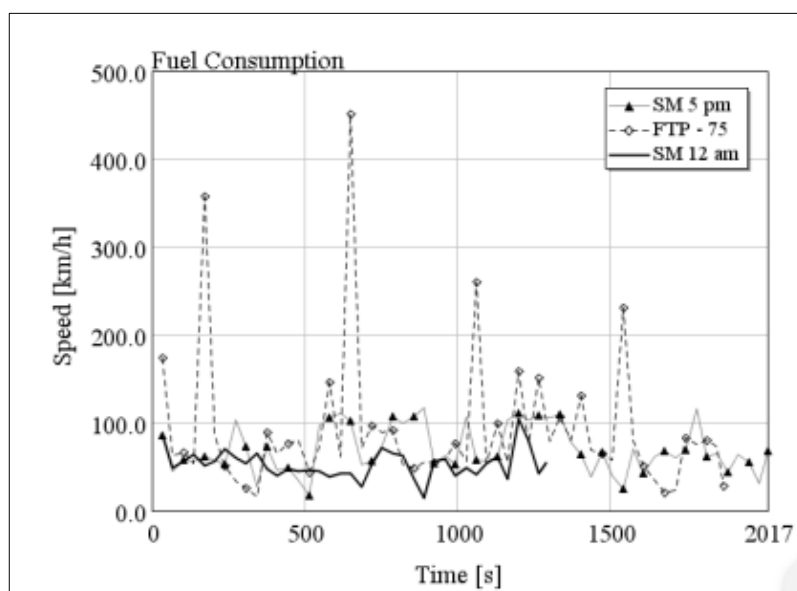


Gráfico 9-1: Consumo de combustible para FTP-75 y ciclos reales

Fuente: Roso & Santos, 2015.

El consumo promedio de combustible es 21,26% más alto en el ciclo estándar FTP-75 en comparación con el real en 12 am. Frente al real de las 5 pm, el FTP-75 presenta promedio consumo solo un 1,45% más alto (Roso & Santos, 2015, p. 3).

1.6.6.2. Factores del ciclo de conducción

En una continuación velocidad-tiempo del vehículo moviéndose en la ruta ya establecida Ciclo de Conducción. Se realizaron en Chile estudios sobre variables que afectan al aumento o disminución de emisiones de gases. Las variables dinámicas tales como aceleración, frenadas, paradas, tiempo en ralentí y en operación son características del ciclo de conducción. La forma en que se desarrolla este ciclo, y por ende sus variables dinámicas, influyen en la generación de gases contaminantes. Los factores que afectan a la conducción y la emisión de contaminantes se ven afectados por diferentes factores como: tipo de vía que dependiendo del tipo de carretera este será mayor o menor, tipo de vehículo, el horario de conducción influye mucho en la mañana se tendrá mayores gases contaminantes y en la noche disminuirá y el modo de conducción (Roja, 2003; citado en Caballero, 2011, p. 17).

- Tipo de vía

Las emisiones de gases contaminantes y así como el consumo de combustibles van disminuyendo cuando la velocidad del vehículo es más constante. Esto va relacionado a la influencia que tienen las aceleraciones en la generación de emisiones (Caballero, 2011, p. 17).

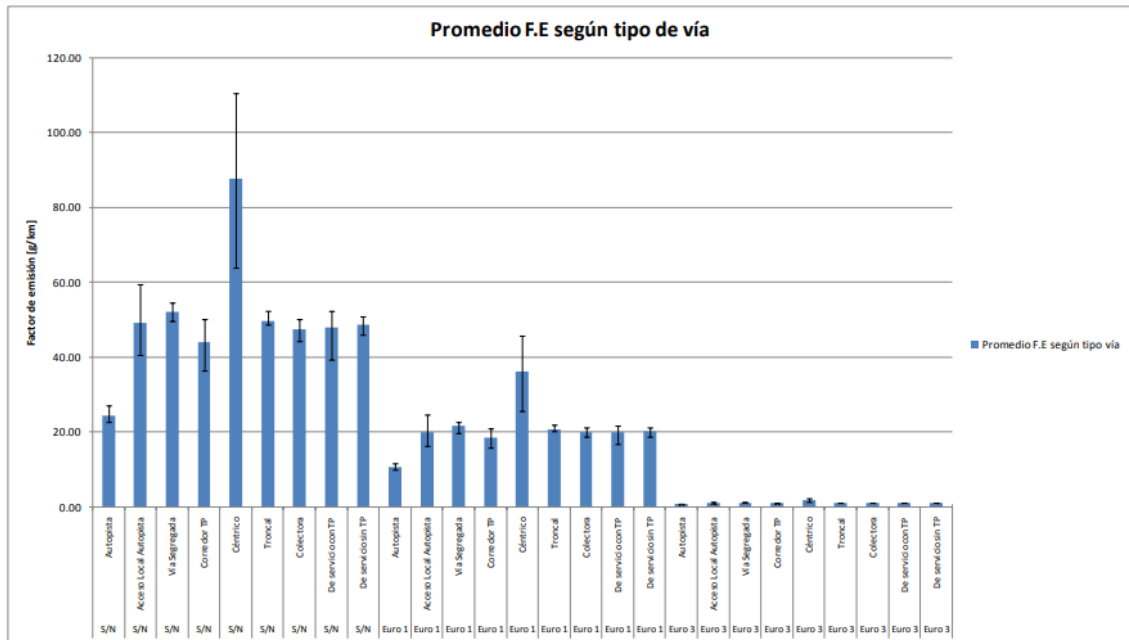


Gráfico 10-1: Factores de emisión promedio, máximo y mínimo de CO de vehículos a gasolina por tipo de vía.

Fuente: Caballero, 2011, p. 68.

- *Tipo de vehículo*

Según la norma INEN 2656 la clasificación de los vehículos

Categoría L: Vehículos motorizados con dos, tres o cuatro ruedas.

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

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

Categoría O: Vehículos no motorizados diseñados para ser remolcados por un vehículo de motor (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2016, p. 1).

- *Horario*

Los ciclos de conducción son rigurosamente influidos por el horario de circulación del vehículo por la ruta establecida, esto se debe que en las ciudades hay congestiones vehiculares en horas pico y, por ende, esto hace que disminuyan los niveles promedios de velocidad y aceleración del vehículo haciendo que el vehículo se tenga por más tiempo en un solo lugar (Caballero, 2011, p. 18).

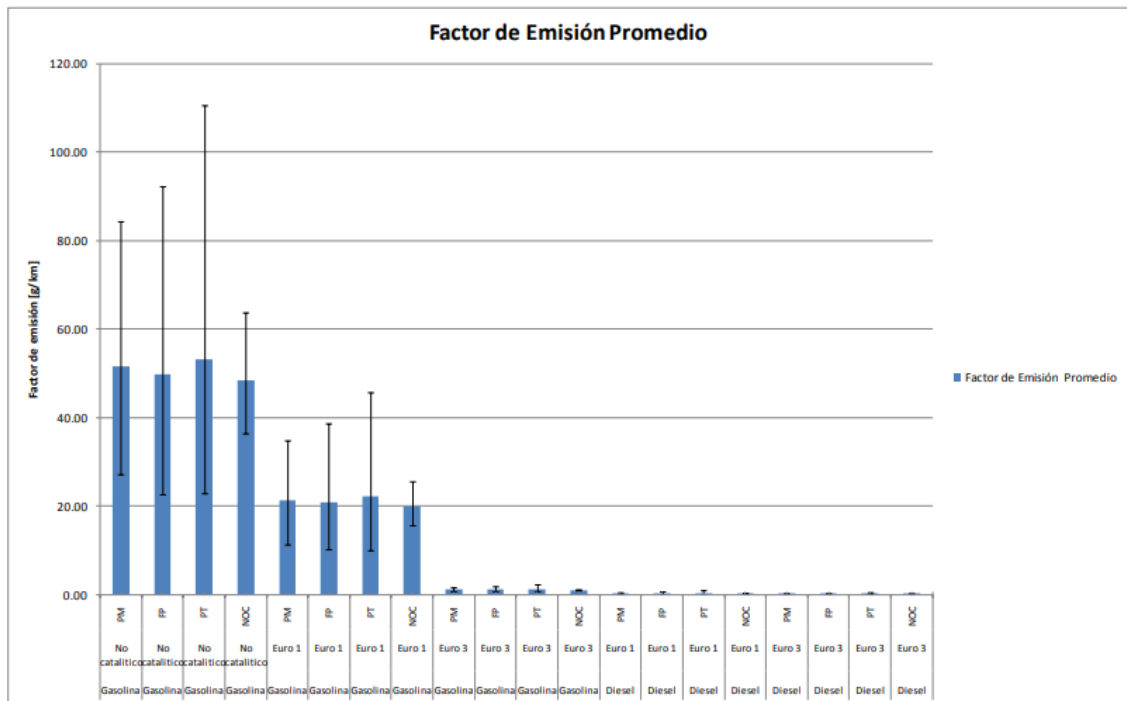


Gráfico 11-1: Factores de emisión promedio, máximo y mínimo de CO por horario

Fuente: Caballero, 2011, p. 74.

- *Modo de conducción*

La manera que se fija cómo se conduce un automóvil es muy importante en los ciclos de conducción. Existen tres tipos de conductores: agresivo, normal y eficiente. Al tener un conductor agresivo, se tienen aceleraciones y desaceleraciones mucho más bruscas. Un conductor normal su conducción será mucho más armónica acelerando y manteniendo velocidades medias que estén en la vía. Un conductor eficiente tenderá que ir disminuyendo las aceleraciones y desaceleraciones bruscas para tratar de mantener un régimen suave de conducción (Rojas, 2003; citado en Caballero, 2011, p. 18).

Dicho análisis podemos decir que las velocidades recurrentes en diferentes ciudades del Ecuador se establecieron que las velocidades a las que normalmente un vehículo se desplaza en nuestras vías de ciudades andinas con desniveles considerables y un tráfico moderado establecido como Ciclo de conducción andino PTEC-593. El ciclo considera dos fases de circulación en ciudad a velocidades moderadas entre 40 y 50 km/h y una fase final de carretera con menos aceleraciones y velocidades de punta de hasta 90 km/h (Caballero, 2011, p. 18).



Gráfico 12-1: Ciclo de conducción andino PTEC-593

Fuente: Montufar, Paúl, 2019

El consumo de combustible en la ciudad viene dado en un rango de 9 a 17,5 L/100km, reflejando así un consumo de combustible superior en comparación con el consumo de otros ciclos de conducción en el mundo, pero admisible en comparación a consumos de combustible que se obtienen en otras ciudades del Ecuador, como se lo expresa en la tabla 15-1 (Montúfar et al., 2019, p. 3).

Tabla 15-1: Comparación del consumo de combustible en ciclos de conducción Ecuador.

Lugar	Altitud (msnm)	Muestras	(L/100 Km)	Instrumento	Autor
Quito	2850	72	11.28	Tanque medidor de combustible	Quichimbla & Solís
Cuenca	2560	36	dic-34	Tanque de combustible	Lima & Gálvez
Riobamba	2764	146	9-17.5	OBD II	Calva & Flores

Fuente: Calva & Flores, 2020, p. 46.

Realizado por: Sevillano & Pastillo, 2021.

Las pruebas que se realizaron con los dos ciclos, permiten obtener las concentraciones de gases, cuyos resultados se promedian, y se utilizan en las ecuaciones simplificadas de la combustión, juntamente con los valores de consumo de combustible de cada ciclo y la densidad de la gasolina, para obtener los factores de emisión de cada contaminante. Se indican los factores de emisión del CO, HC y NO_x con respecto al año/modelo de los vehículos de muestra, al utilizar el ciclo IM240 (Urbina et al., 2017, p. 4).

Tabla 16-1: Factores de emisión de CO, HC, NO_x al utilizar ciclo IM240.

Modelo	Año	Efco (gCO/Km)	Efco (gHC/Km)	Efco (gNO/Km)
Aveo	2011	0.054	0.094	0.303
Spark	2015	1.337	0.057	0.029
Spark	2015	1.004	0.063	0.043
Grand Vitara	2011	1.865	0.07	0.336
Grand Vitara	2012	1.852	0.182	0.19

Fuente: Urbina et al., 2017, p. 3.

Realizado por: Sevillano & Pastillo, 2021.

Se muestran los factores de emisión del CO, HC y NO_x con respecto al año/modelo de los vehículos de muestra, al utilizar el ciclo on-board.

Tabla 17-1: Factores de emisión de CO, HC, NO_x al utilizar ciclo On Board.

Modelo	Año	Efco (gCO/Km)	Efco (gHC/Km)	Efco (gNOx/Km)
Aveo	2011	0.447	0.042	0.184
Spark	2015	0.648	0.049	0.048
Spark	2015	1.600	0.055	0.034
Grand Vitara	2011	2.431	0.091	0.067
Grand Vitara	2012	2.067	0.060	0.035

Fuente: Urbina et al., 2017, p. 4.

Realizado por: Sevillano & Pastillo, 2021.

Los diferentes ciclos de conducción reflejaron la forma de conducción del pueblo riobambeño, implicando una conducción agresiva (elevada tasa de aceleración con respecto a su velocidad promedio). La tabla 18-1, especifica los parámetros característicos de los ciclos de conducción en la ciudad de Riobamba. Los parámetros característicos de los ciclos de conducción en la ciudad de Riobamba con una altitud >2000 msnm, dan a conocer la forma de conducir de la ciudad. La interpretación de estos datos define a la ciudad como una conducción urbana lenta pero agresiva, con respecto a los factores de tráfico, forma de conducción y espacio geográfico (Calva & Flores, 2020, p. xi).

Tabla 18-1: Datos específicos del ciclo de conducción.

Ciclo de conducción	Distancia	Velocidad promedio	Velocidad máxima	Tiempo recorrido	Aceleración promedio positiva	Tiempo de aceleración positiva
	km	Km/h	km/h	s	m/s ²	s
Todos	3.43	15.3	40.1	807	0.526	359
1200 cc - 1300 cc	3.29	14.38	37.47	824	0.524	293
1400 cc - 1600 cc	3.56	16.04	46.24	800	0.552	367
2000 cc	2.53	12.29	35.66	744	0.418	306

Fuente: Calva & Flores, 2020, p. 40

Realizado por: Sevillano & Pastillo, 2021.

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

En el presente apartado se detallará el análisis de variables, protocolos y procesos empleados para la recopilación de datos en la investigación y posteriormente hacer el análisis e interpretación de estos en el siguiente capítulo.

2.1. Estructura del marco metodológico

Tabla 1-2: Estructura del marco metodológico

PREPARACIÓN UNIDAD DE ESTUDIO	1. Protocolo de pruebas detallado la sección obtención de datos.
	2. Instalar equipo de análisis de datos Maha 6.3 - Protocolo de calentamiento de equipo expuesto en el anexo 1
	3. Colocar dispositivo ELM 327 en el OBD II del vehículo.
	4. Sincronizar ELM 327 con la aplicación móvil TORQUE PRO.
	5. Recopilación de datos Recopilación de datos MAHA 6.3 - (Maha emission viewer)
	6. Recopilación de datos ELM 327 - (Documento XLSX en Drive)
PRUEBAS PARA EL ANÁLISIS DE DATOS	1. Considerar un mismo horario para iniciación de cada prueba. - Congestión vehicular. - Escenarios ambientales.
	2. Acatar ruta y velocidad establecida en el estudio del ciclo de conducción de Riobamba. - (Kia)
	3. Considerar velocidades del ciclo de conducción de Riobamba - (Audi)
	4. Modo de conducción establecido por un mismo conductor para cada prueba.
	5. Recolección de datos con el Aire Acondicionado desactivado
	6. Toma de datos con el Aire Acondicionado Activado - (Máximo nivel de funcionamiento)
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS	1. Base de datos obtenida - ELM 327 - MAHA 6.3
	2. Filtración de datos
	3. Correlación de Pearson (Minitab)
	4. Análisis gráfico de correlación (Tableau)
	5. Balance de carbones (Emisiones)
	6. Análisis gráfico (Emisiones - Consumo de Combustible)
	7. Interpretación gráfica y estadística con el ciclo de conducción establecido.
	8. Interpretación de resultados de emisiones - Variación emisiones contaminantes (ΔEC)
	9. Interpretación de resultados de consumo de combustible - Variación consumo de combustible (ΔCC)

Realizado por: Sevillano & Pastillo, 2021.

2.2. Diseño metodológico

La presente investigación tiene enfoque experimental, método el cual el investigador tiene el control de las variables de estudio. Es decir que se lleva a cabo en condiciones controladas de las variables dependientes e independientes.

2.2.1. Variable dependiente

Vehículos con Aire Acondicionado

2.2.2. Variable independiente

Velocidad, Tiempo, RPM, emisiones: CO₂, CO, HC, NO_x

2.2.3. Tipo de investigación

Para la ejecución del presente proyecto de Integración Curricular con la problemática planteada y los objetivos de esta investigación por alcanzar, la metodología usada está basada principalmente en una investigación descriptiva en la que se estudia, se analiza y se define datos reales que puede servir de base para investigaciones que requieran un mayor nivel de profundidad. En relación con el lugar de ejecución del proyecto, experimental de acuerdo a las variables previstas en la investigación, con una metodología cuantitativa por ser la más adecuada para demostrar de forma objetiva orientada a los resultados y con datos claros y precisos.

2.2.3.1. Descriptiva

Estudia, analiza y describe mediante técnicas de recolección primaria como son: la observación, para determinar la emisión de gases contaminantes que se da por el uso del aire acondicionado y de la misma manera el consumo de combustible.

2.2.3.2. Cuantitativa

Establecemos como una investigación cuantitativa por el uso y recolección de datos, a través de equipos de en total funcionamiento, así como el análisis e interpretación de estos resultados ya que se emplean diferentes variables cuantificables, para definir de manera objetiva orientada resultados y con datos reales de manera correcta.

2.2.3.3. Experimental

Método el cual el investigador tiene el control de las variables de estudio las cuales las someteremos a diferentes pruebas, en ciertos parámetros mientras se realizan las pruebas para determinar emisión de gases contaminantes y consumo de combustible.

2.2.4. Población y muestra

2.2.4.1. Población

Se ha desarrollado en la zona urbana de la ciudad de Riobamba con una altitud mayor a 2000 msnm. Las rutas empleadas son definidas por el investigador.

2.2.4.2. Muestra

Vehículos que posean aire acondicionado en óptimas condiciones de funcionamiento para el análisis de emisiones de escape y consumo de combustibles.

2.2.4.3. Unidad de muestreo

La unidad de muestreo se establece 2 vehículos que posean de aire acondicionado al cual se le realizara pruebas para verificar emisiones de gases contaminantes hacia el medio ambiente y el consumo de combustible.

2.2.4.4. Unidad de análisis

La unidad de análisis se determina que es cada una de las diferentes pruebas de emisión de gases contaminantes y consumo de combustible con el uso de aire acondicionado.

2.2.4.5. Sitio de experimentación

La ciudad de Riobamba está situado a 2.750 metros sobre el nivel del mar, a 1° 41´ 46” latitud Sur; 0° 3´ 36” longitud Occidental del meridiano de Quito. Se encuentra a 188 km. al sur de la ciudad de Quito, en la región Sierra Central y constituye la capital de la Provincia de Chimborazo. Con una superficie de 990 km²,

2.2.4.6. Tipo de muestreo

El método elegido para la muestra es el muestreo probabilístico del tipo incidental. Muestreo probabilístico debido a que se escogió dos vehículos que posean aire acondicionado y cumpla las condiciones establecidas durante de la investigación. Del tipo incidental o casual porque para la toma de datos la población fue directamente escogida por la característica de los objetivos de estudio.

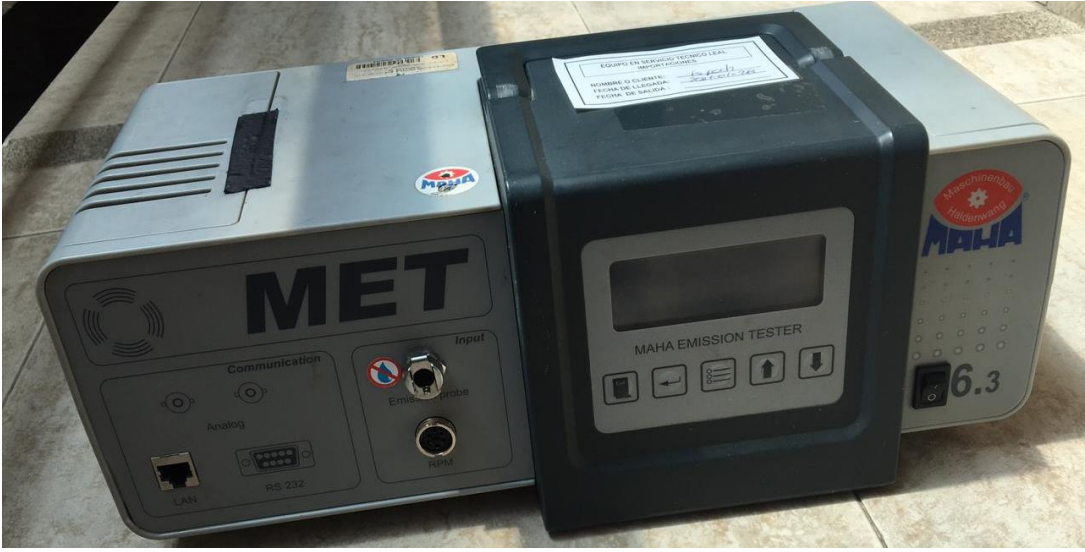
2.2.4.7. Método de selección de la población

Se establece que actualmente los vehículos que tienen aire acondicionado se usan con mayor frecuencia en el país por motivos de confort, seguridad y salud, es el ideal para nuestra investigación. Se procedió a seleccionar 2 vehículos donde se obtienen datos de emisiones de gases contaminantes y consumo de combustible por el uso del aire acondicionado.

2.3. Materiales y métodos

2.3.1. Equipos para la obtención de datos

Tabla 2-2: Características - Analizador de gases MAHA MET 6.3

	
Gases medibles	HC, CO, CO ₂ , O ₂
Principio de medición espectrometría de infrarrojo	HC, CO, CO ₂
Principio de medición detección electroquímica	O ₂
Índice de flujo	3.5 l/min
Clase de precisión	O (OIML)

Tensión de a bordo	10V / 30V
Alimentación de corriente	1/N/PE 110V/230V 50Hz/60Hz
Temperatura ambiente	0°C – 45°C
Altura de funcionamiento	-100mm -3000mm
Dimensiones totales (La x An x Al)	406mm x 225mm x 160mm
Peso	4.6 kg
CO - Rango de medición / Exactitud de medición (máx)	-15% Vol. /0,01
CO ₂ - Rango de medición/Exactitud de medición (máx)	-20% Vol. /0,01
HC - Rango de medición/Exactitud de medición (máx)	-9999 ppm/0,01
O ₂ - Rango de medición/Exactitud de medición (máx)	-25% Vol. /0,01
Lamba (calculada)	0,5 – 9,99 / 0,01
Principio de medición	Extinción
Tiempo de calentamiento aprox. De la célula de medición	150 s
Rango de medición concentración de partículas	-1100 mg/m ³
Resolución concentración de partículas	1 mg/m ³
Intervalo de medición opacidad	-100%
Área de medición coeficiente de absorción	-9.99 m ⁻¹
Resolución coeficiente de absorción	0.01 m ⁻¹

Fuente: <https://www.maha.es/analizador-de-emisiones-met-6-3-analizador-combinado.htm>

Realizado por: Sevillano & Pastillo, 2021.

2.3.1.1. Interfaz ELM 327

El interfaz ELM327 es un dispositivo que permite la conexión a la computadora o teléfono móvil al vehículo, para el diagnóstico de vehículos equipados con sistemas OBD permite obtener datos de la unidad de control del automóvil y enviar esta información a un software que permita la interpretación de datos de la ECU. En este estudio se emplea el dispositivo OBD II tipo bluetooth, ELM327 (Calva & Flores, 2020, p. 22), con el manejo de los siguientes protocolos de comunicación:

Tabla 3-2: Protocolos de comunicación – Dispositivo ELM 327

		
Protocolos de comunicación	Velocidad de comunicación	Ventajas
CAN (Controller Area Network)	1 Mbits/s	Líder mundial en sistemas multiplexados
VAN (Vehicle Area Network)	250 Kbits/s	Simple y económico
SAE J1850	41,6 Kbits/s	Más económica

Fuente: Calva & Flores, 2020, p. 47,

Realizado por: Sevillano & Pastillo, 2021.

Los protocolos de comunicación soportan variaciones dependiendo el fabricante, por lo cual el dispositivo OBD II ELM327, soporta 12 variantes.

Automatic

- ISO 9141-2 (5 baud init, 10.4 Kbaud)
- ISO 15765-4 CAN (11 bit ID, 500 Kbaud)
- ISO 15765-4 CAN (29 bit ID, 250 Kbaud)
- SAE J1850 PWM (41.6 Kbaud)
- ISO 14230-4 KWP (5 baud init, 10.4 Kbaud)
- ISO 15765-4 CAN (29 bit ID, 500 Kbaud)
- SAE J1939 CAN (29 bit ID, 250 Kbaud)
- USER 2 CAN (11 bit ID, 50 Kbaud)
- SAE J1850 VPW (10.4 Kbaud)
- ISO 14230-4 KWP (fast init, 10.4 Kbaud)
- ISO 15765-4 CAN (11 bit ID, 250 Kbaud)
- USER 1 CAN (11 bit ID, 125 Kbaud)

Torque Pro (Premium)



Figura 1-2: Interfaz de la aplicación TORQUE PRO Premium

Realizado por: Sevillano & Pastillo, 2021.

Esta aplicación propia de Android, emplea la tecnología bluetooth y WiFi para conectarse con la computadora del vehículo, a través de un dispositivo OBD II en nuestro caso el ELM 327, y envía información útil acerca del estado del automotor a través de PIDs que solicita el investigador.

2.3.2. *Determinación de ruta para la obtención de datos.*

De acuerdo con Calva & Flores (2020, p. 40) proporcionan las rutas empleadas para el estudio a simple juicio por viajes casa-trabajo, mayor densidad poblacional y tipo de carreteras. Se consideran tres puntos de principales para el análisis de la ruta y son:

- Escuela Superior Politécnica del Chimborazo
- Paseo Shopping
- Parque Maldonado

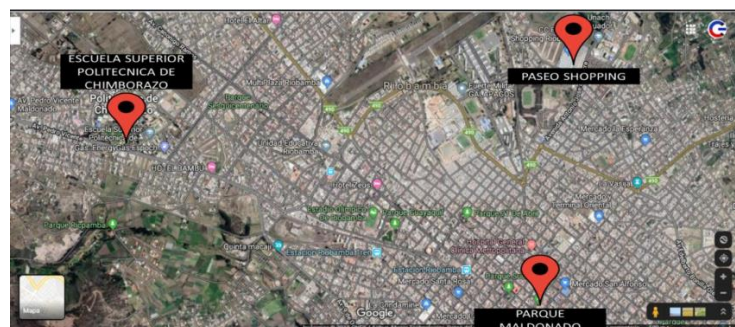



Figura 2-2: Ruta establecida para el estudio.

Fuente: Google Maps, 2020.


2.3.3. Vehículos utilizados para la obtención de resultados

Tabla 4-2: Características del Vehículo 1 AUDI Q5

Modelo (2011)		AUDI Q5 TFSI 2.0
Combustible	Gasolina (Súper)	
Transmisión	Automática	
Cilindrada (cm ³)	1984	
Torque (Nm)	350	
Potencia (KW)	155	
Relación de Compresión	9,6 a 1	

Realizado por: Sevillano & Pastillo, 2021.

Tabla 5-2: Características del Vehículo KIA PICANTO

Modelo (2018)		PICANTO LX AC 1.2 4X2 TM
Combustible	Gasolina (Extra)	
Transmisión	Manual	
Cilindrada (cm ³)	1248	
Torque (Kg·m/RPM)	12,4/4000	
Potencia (KW/RPM)	62/6000	
Relación de Compresión	10,5 a 1	

Realizado por: Sevillano & Pastillo, 2021.

2.3.4. Método para la obtención de datos

La obtención de datos se realizó mediante pruebas introducidas a dos vehículos, la cual consiste en recopilar datos de emisiones contaminantes y consumo de combustible en función de la operatividad del aire acondicionado, operando con el ciclo de conducción ya establecido para el estudio cumpliendo los procesos y protocolos para la recopilación de datos.

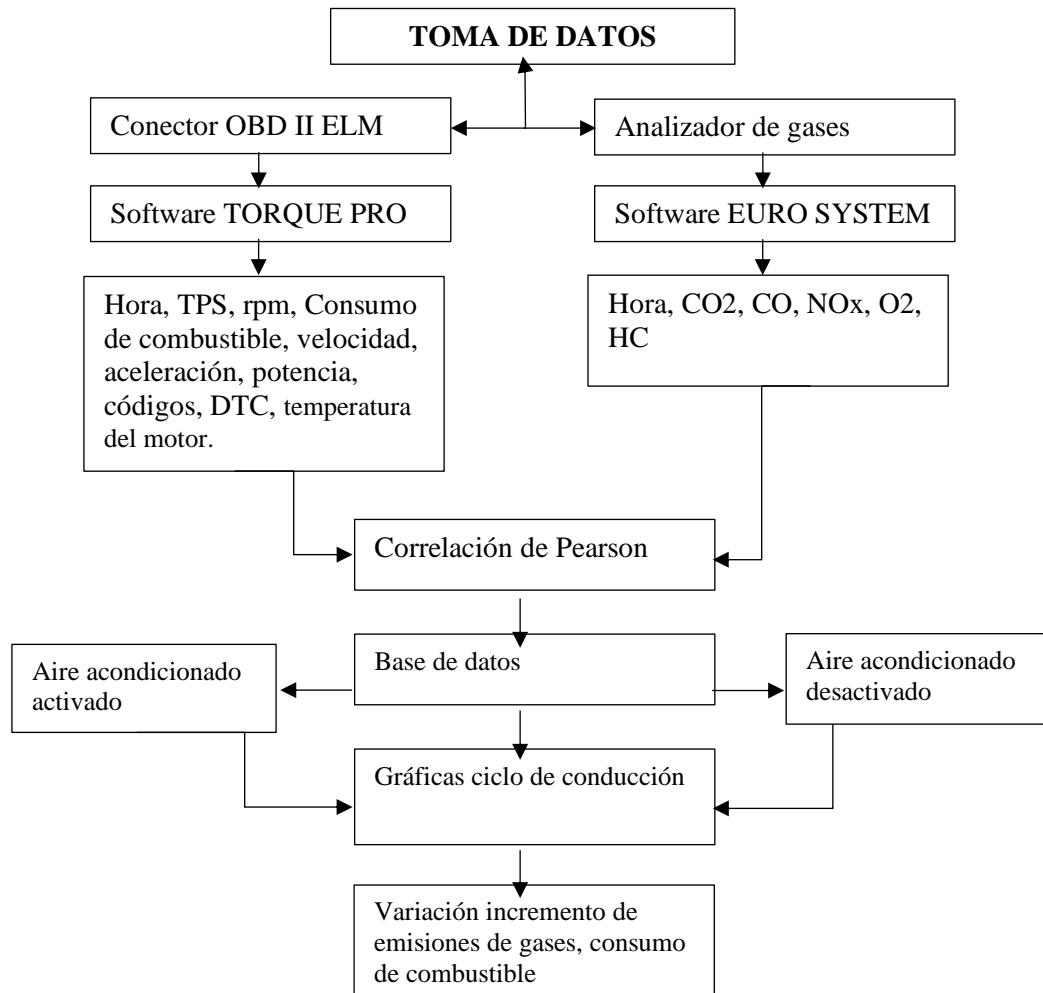


Gráfico 1-2: Proceso de obtención de datos ELM 327 – MAHA 6.3.

Realizado por: Sevillano & Pastillo, 2021.

Las variables por medir en la prueba son:

Dispositivo ELM 327

- Tiempo
- Altitud
- Velocidad
- RPM

Analizador MAHA 6.3

- CO
- CO₂
- HC
- NO

2.3.4.1. Análisis de variables

Con las variables definidas, según Rocha para proporcionar el tratamiento estadístico de los resultados a alcanzar, se debe tener en cuenta los factores y niveles que producen combinaciones de las mismas, en la tabla 6-2 se presenta esta clasificación (Rocha et al., 2019, p. 137). Dentro de los factores en primera instancia se encuentra las unidades de estudio que son los vehículos, mismos que presentan distintas características en marca y cilindrada, otro elemento dentro de los factores es la operatividad del aire acondicionado, dando una designación a cada uno de estos parámetros para posteriormente tener facilidad de analizar e interpretar los resultados.

Tabla 6-2: Designación de factores y niveles para su estudio

Factores	Niveles	Designación
Vehículos	Kia Rio (1248cm ³)	V1
	Audi Q5 (1984cm ³)	V2
Operatividad Aire Acondicionado	Activado	AC/ON
	Desactivado	AC/OFF

Realizado por: Sevillano & Pastillo, 2021.

2.3.4.2. Análisis ANOVA

Al analizar la variación de nuestros factores puede determinar los valores de K poblaciones para así comprobar que al menos una de las poblaciones aplaza en cuanto al valor esperado, siempre y cuando el valor de la población sea $K > 2$. Este resultado experimental es fundamental ya que ayuda a comparar los resultados de K niveles con respecto a la variable seleccionada o de nuestro interés.

Tabla 7-2: Iteraciones de factores - Vehículo 1

Factor		V1
Niveles	Nro. de Pruebas	Duración (segundos)
AC/ON	3	3600s ± 200
AC/OFF	3	3600s ± 200
TOTAL	6	3600s ± 200

Realizado por: Sevillano & Pastillo, 2021.

Tabla 8-2: Iteraciones de factores - Vehículo 2

Factor		V2
Niveles	Nro. de Pruebas	Duración (segundos)
AC/ON	3	3600s ± 200
AC/OFF	3	3600s ± 200
TOTAL	6	3600s ± 200

Realizado por: Sevillano & Pastillo, 2021.

2.3.4.3. Factores de emisión

Un factor de emisión es considerado una relación entre la cantidad de contaminante emitido a la atmósfera y una unidad de actividad o proceso (consumo de energía, unidades de producción, kilómetros recorridos, etc.). En fuentes móviles los factores de emisión se expresan en masa de contaminante por (distancia recorrida o volumen de combustible quemado) (Urbina, 2017, pp. 1-4).

2.3.4.4. Modelo simplificado de la combustión

El modelo simplificado de combustión representa la conversión de la mezcla aire- combustible en sus principales productos. En vista que el CO₂, CO y HC son resultados de la combustión que contienen carbono es viable desarrollar un balance de masa respecto a la cantidad de carbono presente en el combustible y en estos 3 productos de la combustión. Por lo tanto, el número total de átomos carbono en cada caso debería ser igual, ya que se deben conservar.

Consecutivamente, 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 descripciones de emisiones se presenta en gramos de contaminante por kilómetro recorrido, para lo cual es necesario implantar el consumo de combustible promedio del vehículo de prueba (Recalde & Revelo, 2015, p. 90).

- Para llegar a la composición de los productos de combustión, se asume los siguientes puntos:
Completo consumo del 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 combustión.
- Se consideran adicionalmente como productos de 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 9-2 de la formula molecular equivalente 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 9-2: Fórmula 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: Sevillano & Pastillo, 2021.

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

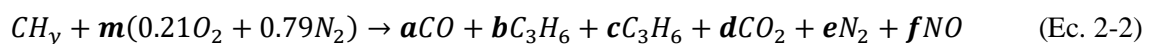
$$y = \left(\frac{\% \text{ peso H}}{\% \text{ peso C}} \right) \left(\frac{MW_C}{MW_H} \right) \quad (\text{Ec. 1-2})$$

Donde:

MW_C: peso molecular del carbono

MW_H: peso molecular del hidrógeno

Se consideran como productos de combustión los siguientes: CO, H₂O, C₃H₆, CO₂ y adicionalmente los productos N₂ y NO que son de gran importancia en la contaminación atmosférica. En conclusión, 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 según (Caiza y Portilla 2011)

donde:

- m = moles de aire consumido por mol de combustible consumido
- a = moles formados de CO por mol de combustible consumido
- b = moles formados de H₂O por mol de combustible consumido

- c = moles formados de C₃H₆ por mol de combustible consumido
- d = moles formados de CO₂ por mol de combustible consumido
- e = moles formadas de N₂ 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:

Tabla 10-2: Ecuaciones de balance de masa.

Elemento	Reactantes	=	Productos	Ecuación
Carbono	1	=	a + 3c + d	Ec. (3 - 2)
Hidrógeno	y	=	2b + 6c	Ec. (4 - 2)
Oxígeno	0.42 m	=	a + b + 2d	Ec. (5 - 2)
Nitrógeno	1.58 m	=	2e + f	Ec. (6 - 2)

Realizado por: Sevillano & Pastillo, 2021.

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

$$R_{CO} = \left(\frac{CO}{CO_2} \right) = \frac{a}{d} \quad (\text{Ec. 7-2})$$

$$R_{HC} = \left(\frac{HC}{CO_2} \right) = \frac{c}{d} \quad (\text{Ec. 8-2})$$

$$R_{NO} = \left(\frac{NO}{CO_2} \right) = \frac{f}{d} \quad (\text{Ec. 9-2})$$

Donde:

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

$$a = R_{CO} \cdot d \quad (\text{Ec. 10-2})$$

$$c = R_{HC} \cdot d \quad (\text{Ec. 11-2})$$

Reemplazando estas relaciones en la ecuación 1 se obtiene:

$$d = \frac{1}{R_{CO} + 3R_{HC} + 1} \quad (\text{Ec. 12-2})$$

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:

$$EF'_{CO} = a * \left(\frac{MW_{CO}}{MW_{Fuel}} \right) = \frac{R_{CO}}{R_{CO}+3R_{HC}+1} * \left(\frac{MW_{CO}}{MW_{Fuel}} \right) \quad (\text{Ec. 13-2})$$

$$EF'_{HC} = c * \left(\frac{MW_{HC}}{MW_{Fuel}} \right) = \frac{R_{HC}}{R_{CO}+3R_{HC}+1} * \left(\frac{MW_{HC}}{MW_{Fuel}} \right) \quad (\text{Ec. 14-2})$$

$$EF'_{NO} = f * \left(\frac{MW_{NO}}{MW_{Fuel}} \right) = \frac{R_{NO}}{R_{CO}+3R_{HC}+1} * \left(\frac{MW_{NO}}{MW_{Fuel}} \right) \quad (\text{Ec. 14-2})$$

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

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

A continuación, se introduce la densidad del combustible δ_{Fuel} (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.

$$EF = EF' * \delta_{Fuel} * FC \quad (\text{Ec. 16-2})$$

$$EF_{CO} = \frac{g_{CO}}{Km} = \frac{28 \cdot \frac{\%CO}{\%CO_2}}{\frac{\%CO}{\%CO_2} + \left(3 \cdot \frac{\%HC}{\%CO_2} \right) + 1} * \frac{\delta_{Fuel} \cdot FC}{0.01425} \quad (\text{Ec. 17-2})$$

$$EF_{HC} = \frac{g_{HC}}{Km} = \frac{42 \cdot \frac{\%HC}{\%CO_2}}{\frac{\%CO}{\%CO_2} + \left(3 \cdot \frac{\%HC}{\%CO_2} \right) + 1} * \frac{\delta_{Fuel} \cdot FC}{0.01425} \quad (\text{Ec. 18-2})$$

$$EF_{NO} = \frac{g_{NO}}{Km} = \frac{30 \cdot \frac{\%NO}{\%CO_2}}{\frac{\%CO}{\%CO_2} + \left(3 \cdot \frac{\%HC}{\%CO_2} \right) + 1} * \frac{\delta_{Fuel} \cdot FC}{0.01425} \quad (\text{Ec. 19-2})$$

Las ecuaciones 17, 18, 19 servirán para calcular los factores de emisión d los vehículos a prueba en nuestro estudio permitiendo medir las emisiones contaminantes con el funcionamiento del aire acondicionado (Caiza & Portilla, 2010, p. 7).

2.3.4.5. Recopilación de datos.

Protocolo de pruebas

- Revisión visual de las condiciones del automóvil (niveles de líquidos, presión de inflado en los neumáticos, fugas en el sistema de escape, condiciones adecuadas de funcionamiento).
- El vehículo a prueba debe estar en temperatura de funcionamiento.
- Se coloca el dispositivo ELM327 en el conector OBD del vehículo se verifica la conexión del dispositivo con el teléfono y la aplicación TORQUE PRO para la recolectar los PIDs seleccionados para nuestro estudio: datos de altitud, velocidad, temperatura del refrigerante RPM, consumo de combustible.
- Se instala el analizador de gases en el vehículo, se procede con los equipos para la alimentación del analizador como un inversor de energía de 12v a 110 para el funcionamiento del analizador.
- A continuación, se procede con el protocolo de calentamiento del analizador de gases MAHA 6.3 expuesto en el anexo 1.
- Verificamos la conexión del analizador con la Laptop para la recepción de información a bordo por medio del Software EUROSYSYSTEM V7.50.132.
- Confirmamos el funcionamiento del analizador con el software MAHA Emission Viewer para registrar los datos en un archivo XLSX (Excel) y posteriormente proceder el tratamiento de datos y su análisis.
- Ejecutar el recorrido con el vehículo en la ruta establecida para cumplir con las velocidades del ciclo de conducción mencionado anteriormente, para lograr mediciones homogéneas
- Realizar las pruebas con el mismo conductor capacitado para evitar distintas formas de conducción.
- Desinstalar los equipos.

Repetir el procedimiento anterior dos veces más, tratando de cumplir con un mismo horario y condiciones climáticas.

2.3.5. Método de análisis estadístico

Para la interpretación de datos se empleará estadística descriptiva, ya que por este método se tendrá respuestas claras y concisas. Este análisis será aplicado a todas las variables de estudio mencionadas anteriormente

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Se realizó pruebas siguiendo los procesos, protocolos mencionados en la metodología, se obtienen datos del dispositivo ELM 327 y analizador de gases MAHA 6.3 permitiendo obtener una base de datos para ser correlacionada, manipulada y analizada para la interpretación de resultados.

3.1. Análisis de datos

Para el análisis de datos se opta por sacar un delta (variación) de emisiones contaminantes y consumo de combustible entre la activación al 100% de funcionamiento y desactivación del aire acondicionado es decir que la emisión de gases contaminantes causa impacto ambiental por uso de este en las unidades de estudio. A continuación, se muestra los resultados obtenidos gráficamente y promedios tabulados de las variables de nuestro estudio logrando lo estipulado en los objetivos y cumpliendo la metodología planteada en la investigación.

3.2. Correlación de Pearson entre base datos del Analizador de gases y dispositivo ELM 327

Estimando una correlación adecuada para unir la base de datos del analizador de gases y el ELM 327 para el análisis e interpretación de resultados dicho que la hora no es un parámetro exacto para unir las dos bases de datos, usamos dos variables RPM tomadas por el ELM 327 y concentración volumétrica del CO₂ arrojadas por el analizador de gases MAHA MET 6.3 que son directamente proporcionales y de esta manera tener un coeficiente de Pearson conveniente se usa Minitab para sacar el coeficiente de relación y *Tableau* para tener de manera gráfica la misma información.

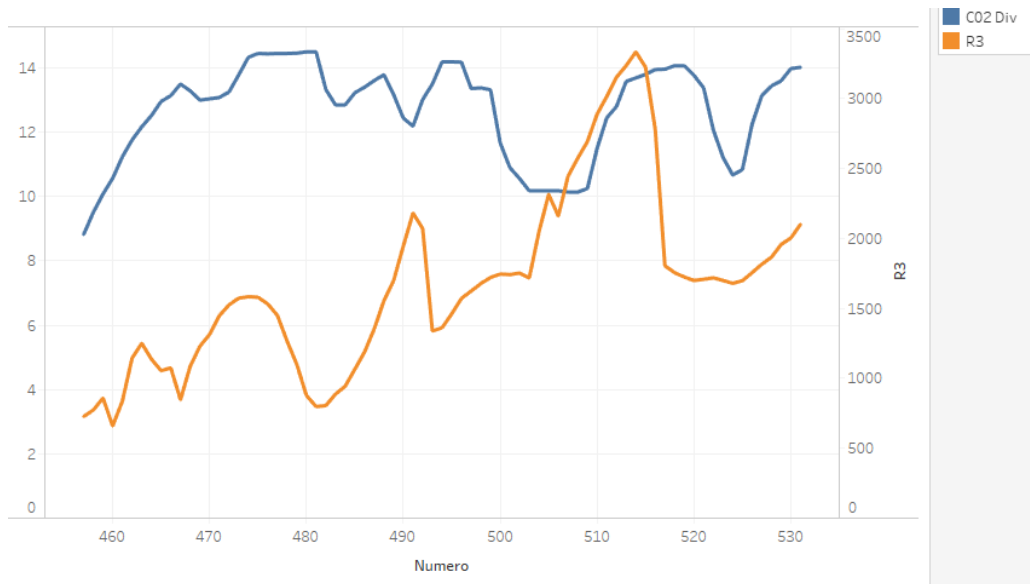


Gráfico 1-3: Correlación de Pearson evidencia gráfica CO₂ vs RPM con el aire acondicionado desactivado.

Fuente: Autores 2021

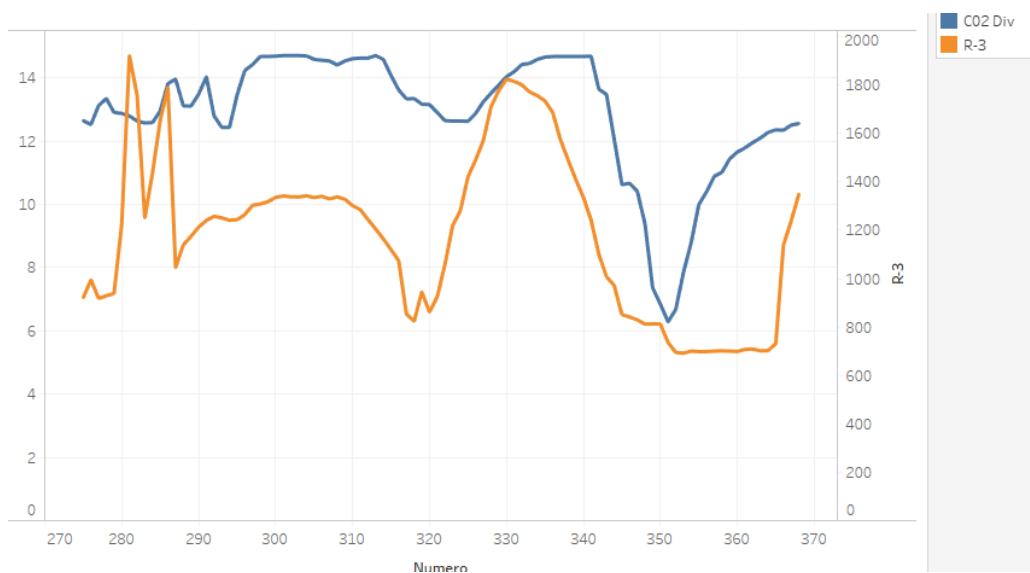


Gráfico 2-3: Correlación de Pearson evidencia gráfica CO₂ vs RPM con el aire acondicionado activado.

Fuente: Autores 2021

En las gráficas 2-3 y 15-3 son claras evidencias del proceso para unir las bases de datos del analizador Maha Met 6.3 y el dispositivo ELM 327 que las RPM y CO₂ son directamente proporcionales, es decir las variables mencionadas cuando las RPM aumentan el CO₂ de igual manera y cuando disminuye respectivamente para tener la adecuada correlación de la información

y hacer el análisis de la misma, esto es parte del proceso planteado en la metodología para un posterior estudio de las variables planteadas en los objetivos.

3.3. Ciclo de conducción Riobamba

3.3.1. Ciclo de conducción Kía Picanto

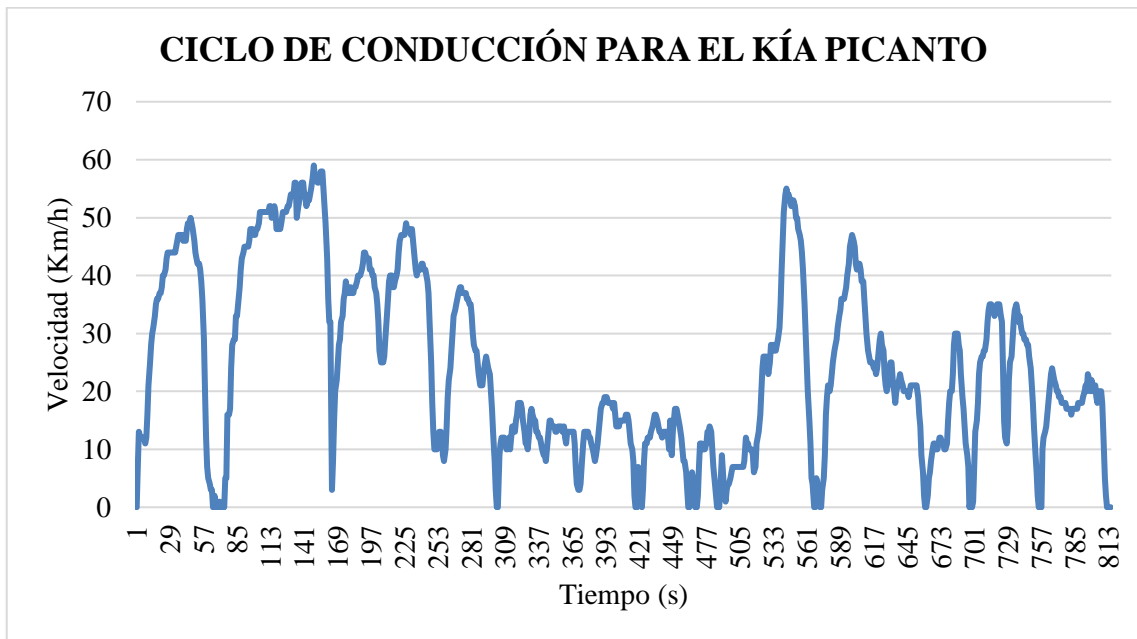


Gráfico 3-3: Evidencia del ciclo de conducción de Riobamba Kia Picanto.

Realizado por: Sevillano & Pastillo, 2021.

El ciclo de conducción para la ciudad de Riobamba estipulados para vehículos de similar cilindrada ya está establecido por (Calva y Flores 2020), el gráfico 3-3 representa que se cumplió mencionado ciclo para nuestra unidad de estudio para la ciudad en una ruta urbana obteniendo un promedio de 24 Km/h y un tiempo de 824 segundos.

3.3.2. Ciclo de conducción Audi Q5

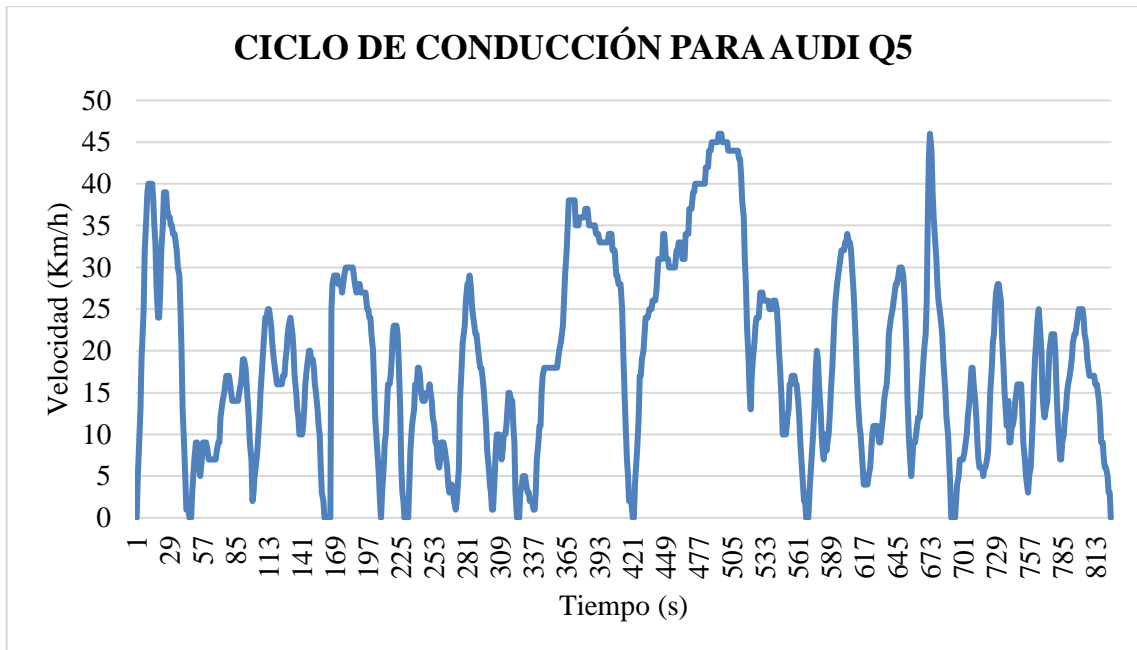


Gráfico 4-3: Ciclo de conducción logrado Audi Q5 cumpliendo con el ciclo de conducción de Riobamba.

Realizado por: Sevillano & Pastillo, 2021.

El gráfico 4-3 muestra el ciclo de conducción para la ciudad de Riobamba en una ruta urbana para automóviles de 1800 a 2000 cc, cumpliendo con la cilindrada de nuestra unidad de estudio con una velocidad promedio de 19 km/h con una duración de 744 segundos. Teniendo velocidades de 0 Km/h o ralentí en mayor cantidad al ciclo de conducción para vehículos de menor cilindrada mostrado anteriormente.

3.4. Concentraciones volumétricas de emisión de gases

3.4.1. Aire acondicionado desactivado V1 - V2

Tabla 1-3: Promedios de concentraciones volumétricas AC/OFF

Nº	MARCA	MODELO	CILINDRADA [cc]	CO [% Vol]	HC [ppm]	NOx [ppm]
1	Kia	Picanto LX AC	1250	0.645	115	265
2	Audi	Q5 TFSI	2000	0.093	38	327

Realizado por: Sevillano & Pastillo, 2021.

La tabla 1-3 muestra los valores promedios obtenidos de concentraciones volumétricas de emisiones CO, HC y NO_x en los vehículos de estudio.

3.4.2. Aire acondicionado activado V1 - V2

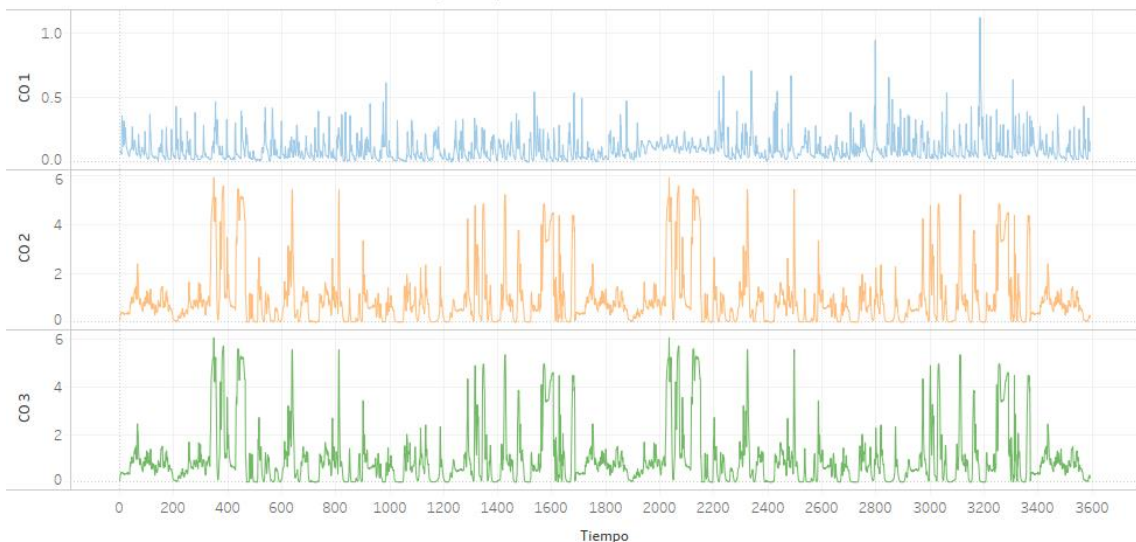
Tabla 2-3: Promedios de concentraciones volumétricas AC/ON.

Nº	MARCA	MODELO	CILINDRADA [cc]	CO [%Vol]	HC [ppm]	NO _x [ppm]
1	Kía	Picanto LX AC	1250	0.694	124	327
2	Audi	Q5 TFSI	2000	0.116	48	470

Realizado por: Sevillano & Pastillo, 2021.

3.4.3. Concentración volumétrica de CO (%), HC (ppm), NO_x (ppm) con el Aire acondicionado activado kia picanto

PRUEBA 1, 2 Y 3 CONCENTRACIÓN CO (%Vol)



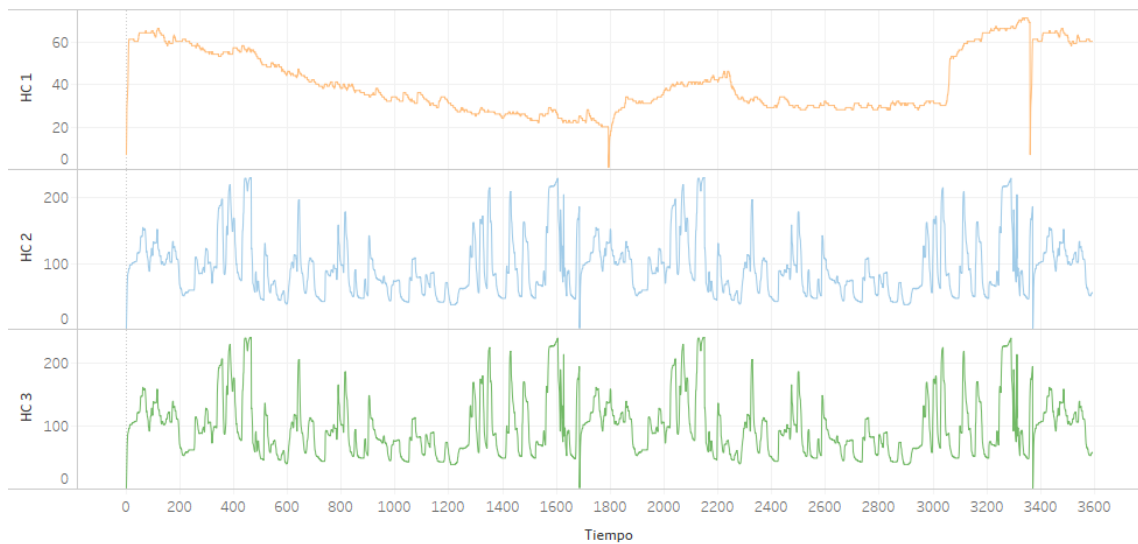
Las tendencias de Co 1, Co 2 y Co 3 para Tiempo.

Gráfico 5-3: Comportamiento del CO (%) vs Tiempo (s) AC/ON Kia Picanto.

Realizado por: Sevillano & Pastillo, 2021.

En el gráfico 5-3 muestra el comportamiento del CO % Vol en las 3 pruebas detalladas en la metodología, cada prueba tiene una duración aproximadamente de 3600 segundos con el aire acondicionado activado a plena carga.

PRUEBA 1, 2 Y 3 CONCENTRACIÓN HC (ppm)



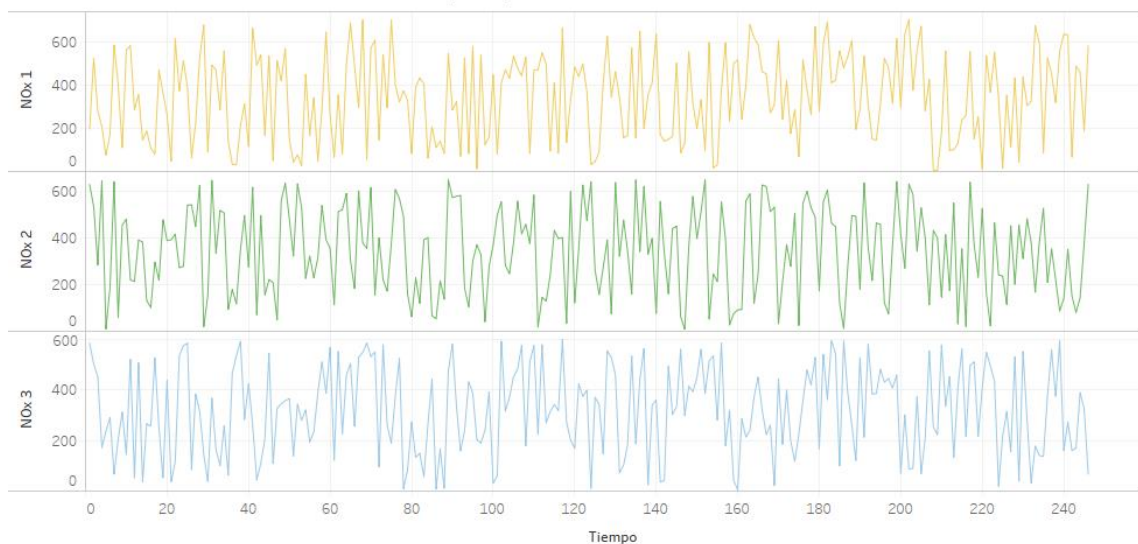
Las tendencias de Hc 1, Hc 2 y Hc 3 para Tiempo.

Gráfico 6-3: Comportamiento de HC(ppm) vs Tiempo (s) AC/ON Kia Picanto.

Realizado por: Sevillano & Pastillo, 2021.

La gráfica 6-3 evidencia el comportamiento de los hidrocarburos que se lograron en las 3 pruebas realizadas aproximadamente en 3600 segundos con la activación de aire acondicionado en 100% de operatividad.

PRUEBA 1, 2 Y 3 CONCENTRACIÓN NOx (ppm)



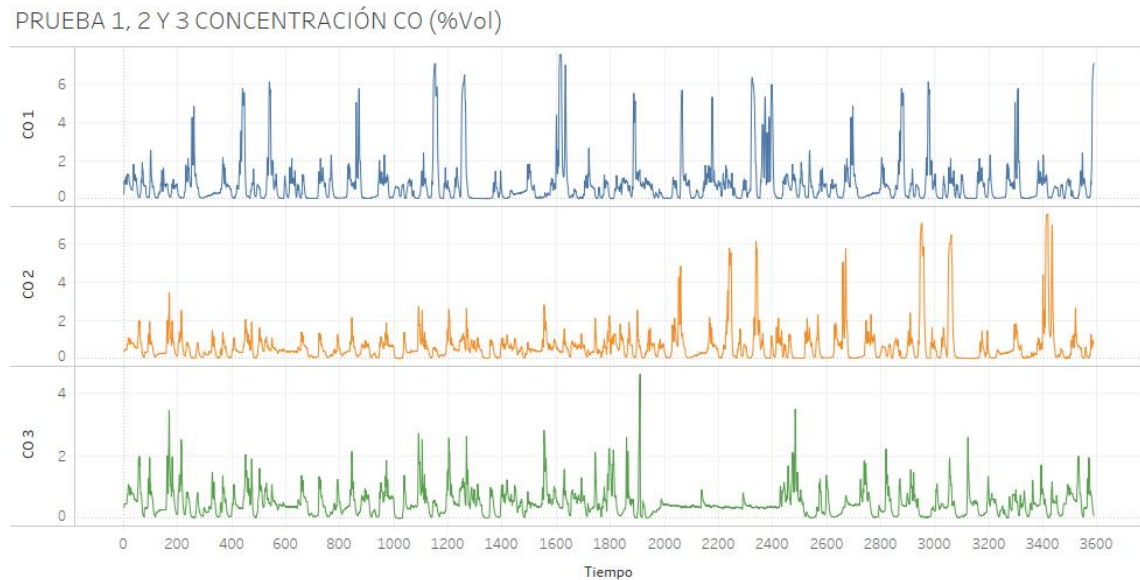
Las tendencias de Nox 1, Nox 2 y Nox 3 para Tiempo. La vista se filtra en Tiempo, lo que va de 1 a 246.

Gráfico 7-3: Comportamiento de NO_x (ppm) vs Tiempo (s) AC/ON Kia Picanto.

Realizado por: Sevillano & Pastillo, 2021.

En el gráfico 7-3 muestra el comportamiento de los NO_x que se adquieren al realizar las 3 pruebas con el aire acondicionado activado a plena carga con una duración de aproximadamente 3600 segundos cumpliendo con la metodología planteada.

3.4.4. *Concentración volumétrica de CO (%), HC (ppm), NO_x (ppm) con el Aire acondicionado desactivado kia picanto*



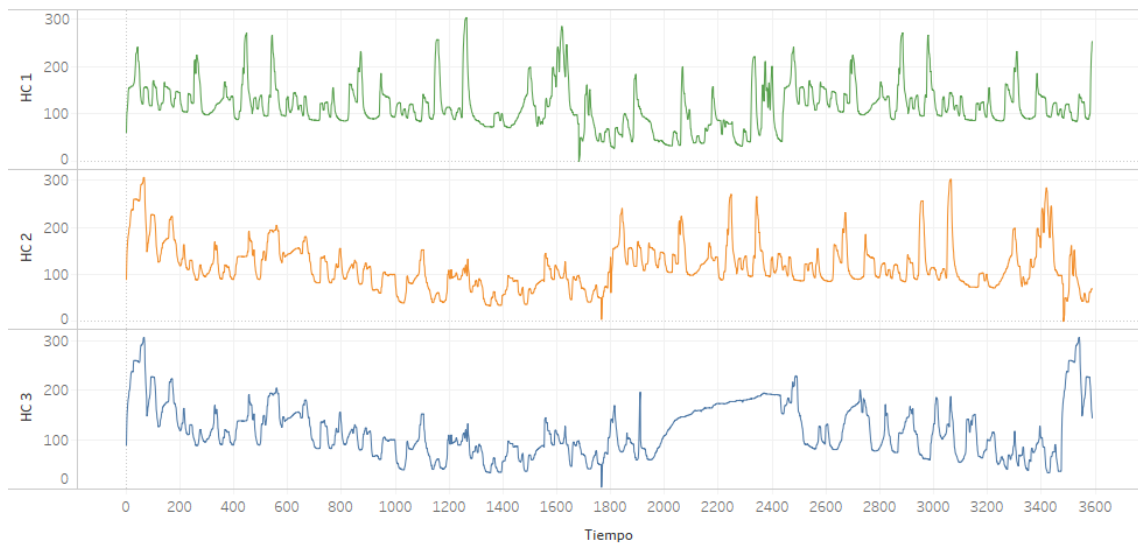
Las tendencias de Co 1, Co 2 y Co 3 para Tiempo.

Gráfico 8-3: Comportamiento de CO (%) vs Tiempo (s) AC/OFF Kia Picanto

Realizado por: Sevillano & Pastillo, 2021.

En la gráfica 8-3 muestra el comportamiento del CO % Vol. obtenido de cada prueba realizada con una duración de aproximadamente 3600 segundos del sedán sin operatividad del aire acondicionado.

PRUEBA 1, 2 Y 3 CONCENTRACIÓN HC (ppm)



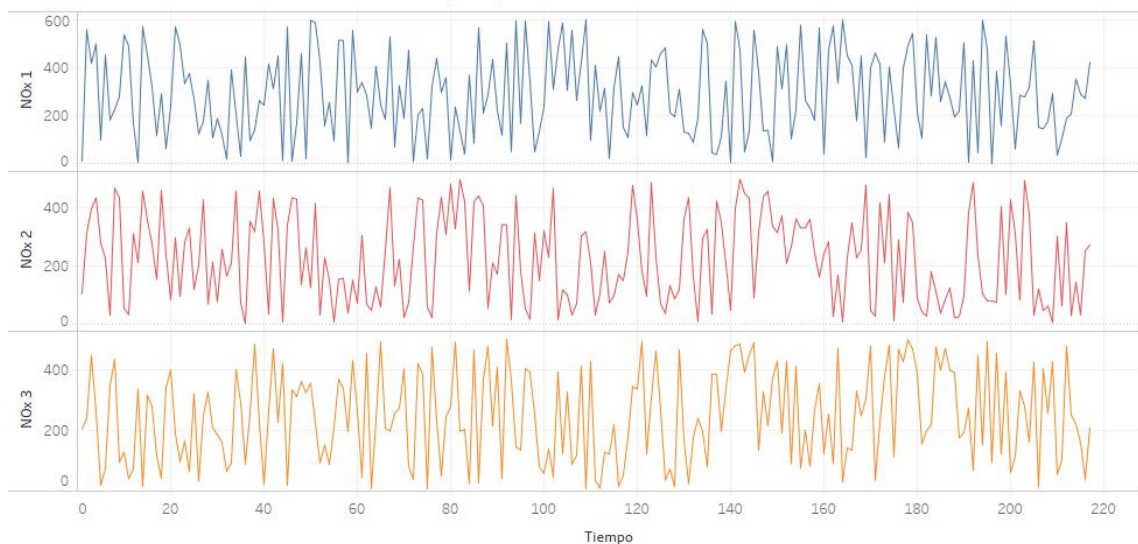
Las tendencias de Hc 1, Hc 2 y Hc 3 para Tiempo.

Gráfico 9-3: Comportamiento de HC (ppm) vs Tiempo (s) AC/OFF Kia Picanto

Realizado por: Sevillano & Pastillo, 2021.

La gráfica 9-3 presenta el comportamiento de los hidrocarburos en las pruebas realizadas con una duración de 3600 segundos sin el uso del aire acondicionado. Se evidencia que los valores de HC (ppm) disminuyeron a comparación de la activación del mismo.

PRUEBA 1, 2 Y 3 CONCENTRACIÓN NO_x (ppm)



Las tendencias de Nox 1, Nox 2 y Nox 3 para Tiempo. La vista se filtra en Tiempo, lo que va de 1 a 217.

Gráfico 10-3: Comportamiento de NO_x (ppm) vs Tiempo (s) AC/OFF Kia Picanto.

Realizado por: Sevillano & Pastillo, 2021.

En el gráfico 10-3 muestra el comportamiento del NO_x de las pruebas realizadas en el estudio con una duración de 3600 segundos aproximadamente con el aire acondicionado desactivado evidenciando un decremento en sus valores en cuanto a la activación de este.

3.4.5. Concentración volumétrica de CO (%), HC (ppm), NO_x (ppm) con el Aire acondicionado activado Audi Q5

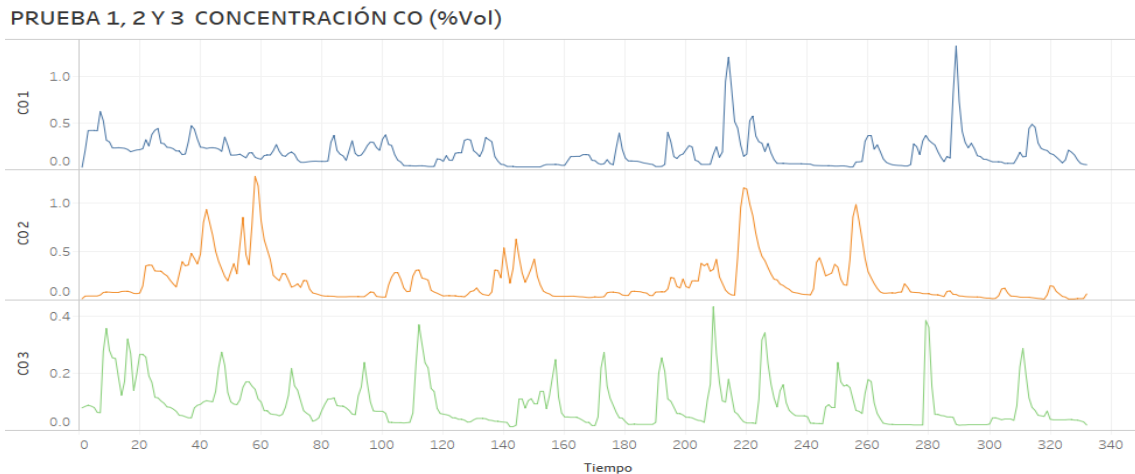


Gráfico 11-3: Comportamiento de CO (%) vs Tiempo (s) AC/ON Audi Q5.

Realizado por: Sevillano & Pastillo, 2021.

El gráfico 11-3 muestra el comportamiento de CO % Vol. de cada una de las pruebas realizadas a la otra unidad de estudio V2 con una duración de aproximadamente 3600s con el aire acondicionado a plena carga.

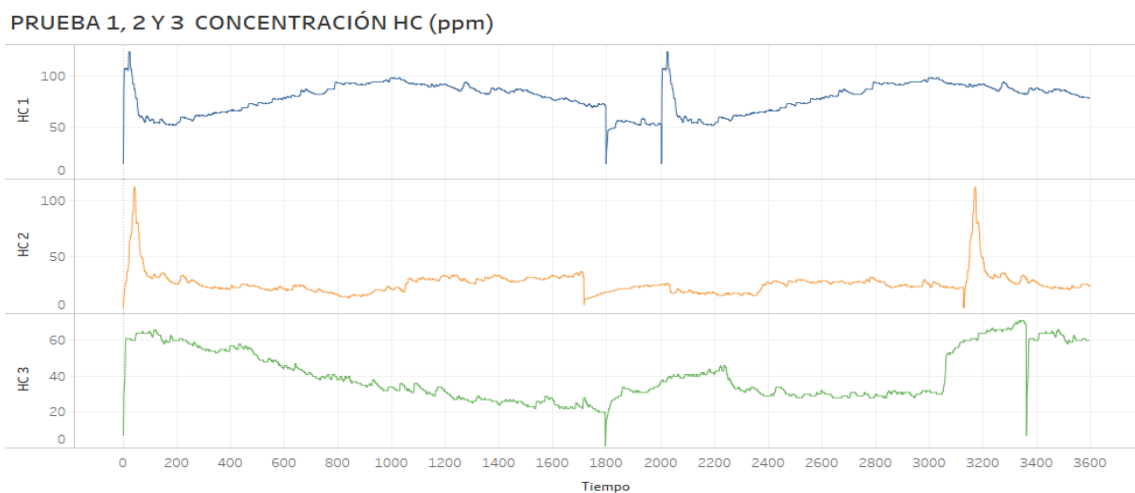
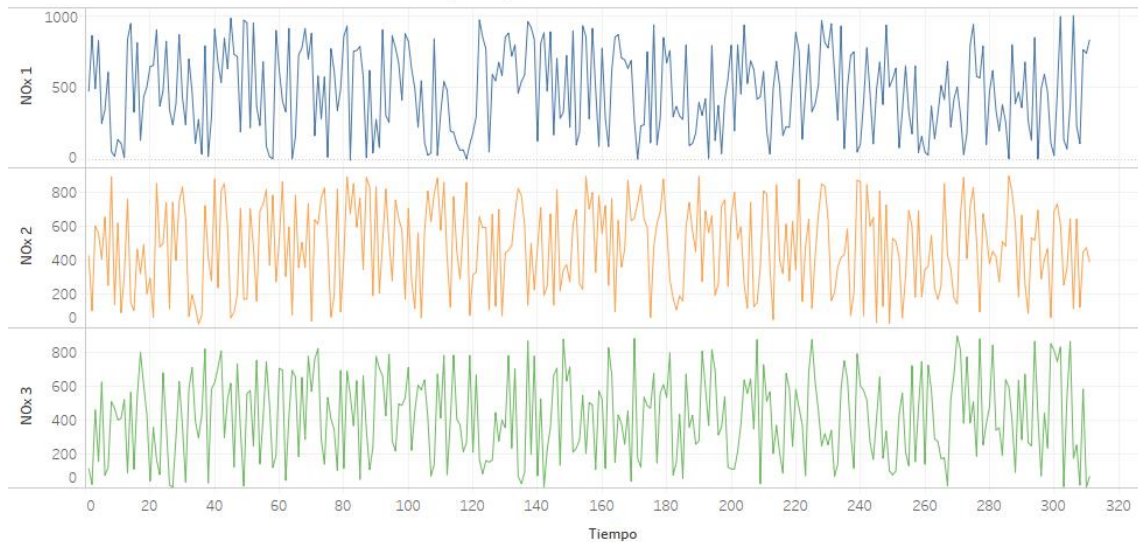


Gráfico 12-3: Comportamiento de HC (ppm) vs Tiempo (s) AC/ON Audi Q5.

Realizado por: Sevillano & Pastillo, 2021.

En la gráfica 12-3 muestra datos logrados de hidrocarburos en cada una de las pruebas sometidas a V2 con una duración de 3600 segundos con el aire acondicionado activado.

PRUEBA 1, 2 Y 3 CONCENTRACIÓN NO_x (ppm)



Las tendencias de Nox 1, Nox 2 y Nox 3 para Tiempo. La vista se filtra en Tiempo, lo que va de 1 a 311.

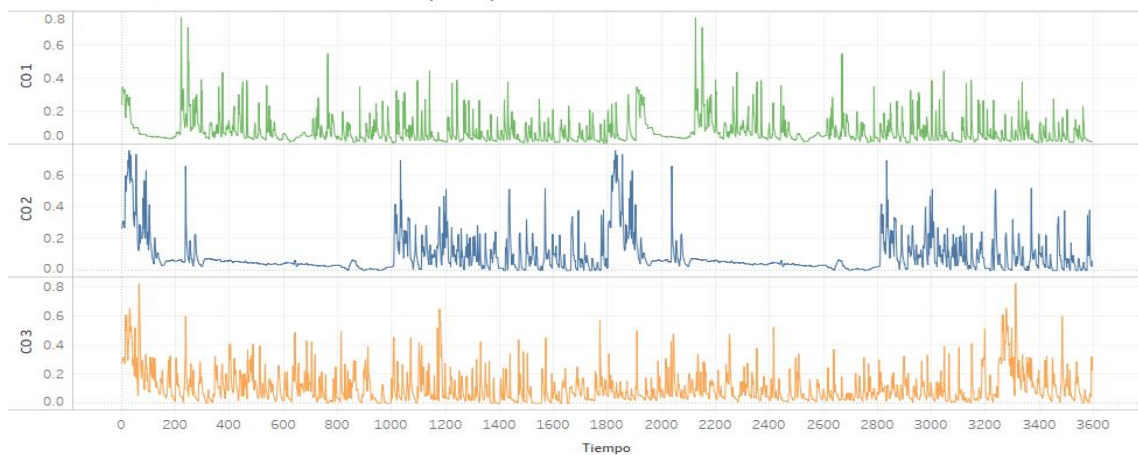
Gráfico 13-3: Comportamiento de NO_x (ppm) vs Tiempo (s) AC/ON Audi Q5.

Realizado por: Sevillano & Pastillo, 2021.

La gráfica 13-3 se observa que los NO_x (ppm) cada prueba tiene una duración de un tiempo de 3600 segundos con total funcionamiento del aire acondicionado.

3.4.6. Concentración volumétrica de CO (%), HC (ppm), NO_x (ppm) con el Aire acondicionado desactivado Audi Q5

PRUEBA 1, 2 y 3 CONCENTRACIÓN CO (%Vol)



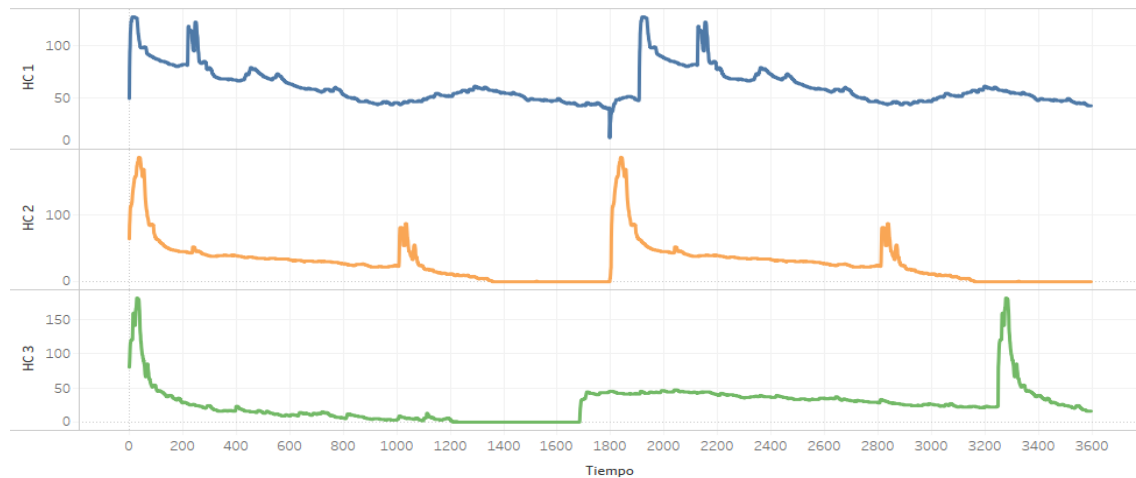
Las tendencias de Co 1, Co 2 y Co 3 para Tiempo. La vista se filtra en Tiempo, lo que va de 1 a 3595.

Gráfico 14-3: Comportamiento de CO (%) vs Tiempo (s) AC/OFF Audi Q5.

Realizado por: Sevillano & Pastillo, 2021.

En la gráfica 14-3 se evidencia el comportamiento de CO % Vol. que se logró al realizar cada una de las pruebas mencionadas en la metodología para el suv Q5 en un tiempo de 3600 segundos aproximadamente donde muestra un decremento sin el uso de aire acondicionado.

PRUEBA 1, 2 Y 3 CONCENTRACIÓN HC (ppm)



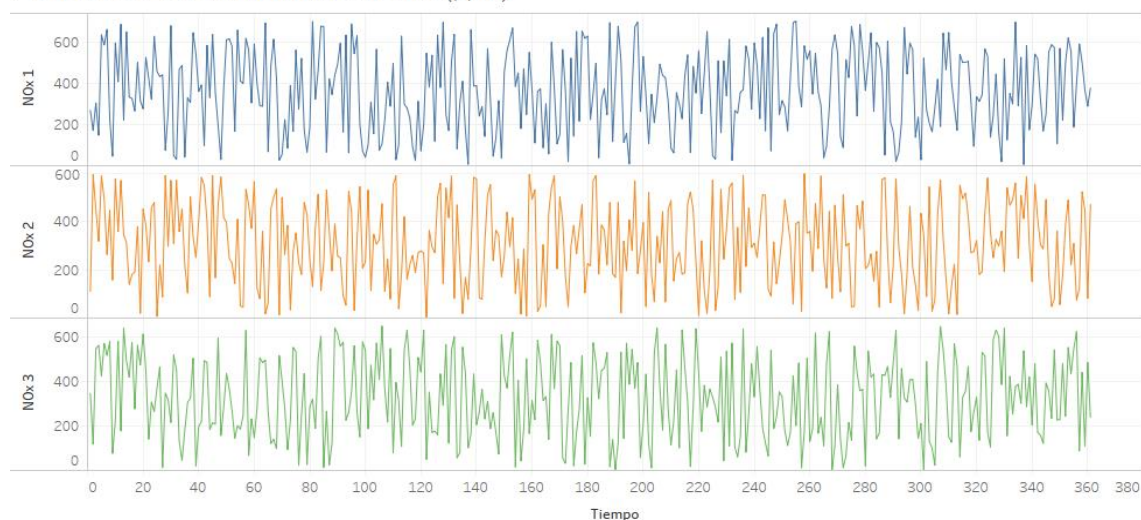
Las tendencias de Hc 1, Hc 2 y Hc 3 para Tiempo.

Gráfico 15-3: Comportamiento de HC (ppm) vs Tiempo (s) AC/OFF Audi Q5.

Realizado por: Sevillano & Pastillo, 2021.

La gráfica 15-3 muestra valores alcanzados de Hidrocarburos que se obtuvieron en las 3 pruebas expuestas en la metodología planteada del estudio con una duración de aproximadamente 3600 segundos que fueron realizadas en suv Q5 donde se evidencia valores por debajo con el aire acondicionado desactivado.

PRUEBA 1, 2 Y 3 CONCENTRACIÓN NO_x (ppm)



Las tendencias de NO_x 1, NO_x 2 y NO_x 3 para Tiempo. La vista se filtra en Tiempo, lo que va de 1 a 361.

Gráfico 16-3: Comportamiento de NO_x (ppm) vs Tiempo (s) AC/OFF Audi Q5.

Realizado por: Sevillano & Pastillo, 2021.

En la gráfica 16-3 observamos el comportamiento de NO_x (ppm) con un tiempo aproximadamente de 3600 segundos que se logró obtener en las 3 pruebas realizadas en el suv Q5 donde se puede evidenciar que existe un decremento mayor en comparación a la desactivación del uso del del con el aire acondicionado.

3.5. Factores de emisión.

3.5.1. Factores de emisión promedio con el Aire acondicionado activado V1 - V2

Tabla 3-3: Promedios de Factores de emisión Audi Q5 AC/ON

Factores de emisión Audi AC/ON			
Prueba	FCO (g/km)	FHC (g/km)	FNO _x (g/km)
1	2.015	0.193	0.893
2	2.175	0.200	0.861
3	1.800	0.213	0.844
Promedio	1.997	0.202	0.866

Realizado por: Sevillano & Pastillo, 2021.

En la tabla 3-3 se observa los valores promedios de cada prueba propuesta en la metodología del factor de emisión de gases de cada contaminante del suv Q5 donde se evidencia un aumento que se realizó cumpliendo el ciclo de conducción de Riobamba.

Tabla 4-3: Promedios de Factores de emisión Kia Picanto AC/ON

Factores de emisión KIA AC/ON			
Prueba	FCO (g/km)	FHC (g/km)	FNO _x (g/km)
1	1.207	0.209	0.401
2	1.324	0.209	0.351
3	1.803	0.165	0.348
Promedio	1.445	0.194	0.367

Realizado por: Sevillano & Pastillo, 2021.

La tabla 4-3 muestra los valores promedios de cada una de las pruebas realizadas en la metodología del factor de emisión de gases de cada contaminante del sedán con el uso del aire acondicionado donde se puede evidenciar un descenso de contaminantes anteriormente mencionados se ejecutó cumpliendo el ciclo de conducción de Riobamba.

3.5.2. Factores de emisión promedio con el Aire acondicionado desactivado VI - V2

Tabla 5-3: Promedios de Factores de emisión Audi Q5 AC/OFF

Factores de emisión AUDI AC/OFF			
Prueba	FCO (g/km)	FHC (g/km)	FNOx (g/km)
1	1.018	0.194	0.359
2	1.251	0.194	0.296
3	1.434	0.192	0.290
Promedio	1.234	0.193	0.315

Realizado por: Sevillano & Pastillo, 2021.

En la tabla 5-3 se observa valores promedios de las pruebas realizadas en la metodología del factor de emisión de gases de cada contaminante del SUV Q5 sin el uso de aire acondicionado un aumento de contaminantes anteriormente mencionados.

Tabla 6-3: Promedios de Factores de emisión Kia Picanto AC/OFF

Factores de emisión KIA AC/OFF			
Prueba	FCO (g/km)	FHC (g/km)	FNOx (g/km)
1	1.018	0.185	0.359
2	1.251	0.194	0.296
3	1.434	0.192	0.290
Promedio	1.234	0.190	0.315

Realizado por: Sevillano & Pastillo, 2021.

La tabla 6-3 muestra valores promedios donde se realizó tres pruebas empleando la metodología del factor de emisión de gases de cada contaminante del sedán se logra evidenciar una disminución con la desactivación del aire acondicionado.

3.6. Consumo de combustible.

3.6.1. Consumo de combustible con el Aire acondicionado activado V1, V2

Tabla 7-3: Consumo de combustible promedio AC/ON Kia Picanto – Audi Q5

AUDI AC/ON		KIA AC/ON	
Prueba	Km/L	Prueba	Km/L
1	7.412	1	12.608
2	7.596	2	11.845
3	7.673	3	10.508
Promedio	7.560	Promedio	11.654

Realizado por: Sevillano & Pastillo, 2021.

En la tabla 7-3 se puede evidenciar valores que se obtuvieron en el consumo de combustible en Km/l con el aire acondicionado activo a plena carga en cada una de las pruebas realizadas a las unidades de estudio tomadas cumpliendo las características el ciclo de conducción de Riobamba en aproximadamente 3600 segundos.

3.6.2. Consumo de combustible con el Aire acondicionado desactivado V1, V2

Tabla 8-3: Consumo de combustible promedio AC/OFF Kia Picanto-Audi Q5

AUDI AC/OFF		KIA AC/OFF	
Prueba	Km/L	Prueba	Km/L
1	6.865	1	10.912
2	6.299	2	10.829
3	7.419	3	10.552
Promedio	6.861	Promedio	10.764

Realizado por: Sevillano & Pastillo, 2021.

La tabla 8-3 muestra los valores promedios alcanzados de consumo de combustible para las unidades de estudio tomadas en aproximadamente 3600 segundos de cada ensayo sin el uso del aire acondicionado cumpliendo las características del ciclo de conducción propuesto con su respectiva cilindrada.

3.6.3. Consumo de combustible Kia Picanto

Tabla 9-3. Consumo de combustible V1 Aire acondicionado: activado y desactivado.

KIA AC OFF				KIA AC ON			
	Distancia	Consumo	Consumo		Distancia	Consumo	Consumo
Prueba	[km]	[galones]	[litros]	Prueba	[km]	[galones]	[litros]
1	26.02	0.63	2.38	1	29.59	0.76	2.34
2	20.5	0.5	1.89	2	33.63	0.52	2.83
3	14.38	0.36	1.36	3	35.5	0.82	3.36
TOTAL	60.9	1.49	5.63	TOTAL	98.72	2.1	8.53

Realizado por: Sevillano & Pastillo, 2021.

En la tabla 9-3 muestra la distancia total recorrida, el consumo en galones y litros totales al efectuar cada una de las pruebas planteadas en la metodología con el aire acondicionado activo al 100 % de su operatividad y en la parte inferior sin hacer uso del mismo, prueba aplicada a la unidad de estudio V1 se observa que aumentando considerablemente dicho consumo.

3.6.4. Consumo de combustible Audi Q5

Tabla 10-3: Consumo de combustible V2 Aire acondicionado: activado y desactivado.

AUDI AC OFF				AUDI AC ON			
	Distancia	Consumo	consumo		Distancia	Consumo	consumo
Prueba	[km]	[galones]	[litros]	Prueba	[km]	[galones]	[litros]
1	19.75	0.76	2.87	1	24.69	0.88	3.33
2	12.4	0.52	1.96	2	22.14	0.77	2.91
3	23.03	0.82	3.1	3	24.1	0.83	3.14
TOTAL	55.18	2.1	7.93	TOTAL	70.93	2.48	9.38

Realizado por: Sevillano & Pastillo, 2021.

En la tabla 10-3 se observa la distancia total recorrida, el consumo en galones y litros totales al ejecutarse cada una las pruebas realizadas con el aire acondicionado activado y desactivado del Audi Q5 podemos evidenciar que se genera un aumento apreciado con el uso del mismo.

3.7. Discusión y Resultados

En la investigación realizada por (Acosta & Tello, 2016, p. 2), con el aire acondicionado activado y desactivado se obtuvieron los siguientes resultados.

Tabla 11-3: Incremento del consumo de combustible entre AC/ON y AC/OFF ruta urbana

Quito

N° de medición	Rendimiento de combustible con A/C (km/litro)	Rendimiento de combustible sin A/C (km/litro)	Aumento en el consumo (%)
1	7.42	7.87	6.06
2	7.61	8.03	5.52
3	7.74	8.31	7.36
4	7.61	8.17	7.36
5	7.69	8.14	5.85
6	7.66	8.00	4.44
% promedio aumento consumo en ruta urbana Quito			6.10

Realizado por: Sevillano & Pastillo, 2021.

Tabla 12-3: Incremento del consumo de combustible entre AC/ON y AC/OFF ruta Otavalo -

Ibarra

N° de medición	Rendimiento de combustible con A/C (km/litro)	Rendimiento de combustible sin A/C (km/litro)	Aumento en el consumo (%)
1	9.95	10.23	2.81
2	10.00	10.38	3.80
3	10.14	10.43	2.86
4	9.91	10.23	3.23
5	9.95	10.28	3.32
6	9.73	10.14	4.21
% promedio aumento consumo en Otavalo - Ibarra			3.37

Realizado por: Sevillano & Pastillo, 2021.

La investigación fue realizada en una ruta urbana en distintas zonas del Ecuador, se realizaron unas pruebas en una ruta urbana de Quito, en la ruta Otavalo-Ibarra, en la ruta Ambuquí-Juncal y en la ruta Tonsupa-Súa. La ruta de Quito y la ruta de Otavalo-Ibarra se asemejan al clima en la ciudad de Riobamba, los valores promedios obtenidos en estas pruebas observamos que en la ciudad de Quito el aumento de consumo de combustible con el aire acondicionado activado es de 6.10%. En la ruta Otavalo-Ibarra observamos que el aumento de consumo de combustible con el aire acondicionado activado es de 3.37%. Efectivamente hay un aumento en el consumo de combustible con el aire acondicionado activado.

En la presente investigación realizada en la ciudad de Riobamba obtenemos los siguientes valores con el aire acondicionado activado y desactivado

Tabla 13-3: Incremento en porcentaje del consumo de combustible V1.

Consumo de combustible KIA PICANTO			
Prueba	Consumo de combustible A/C ON	Consumo de combustible A/C OFF	Aumento del consumo
	[km/l]	[km/l]	[%]
1	12.608	10.912	15.54
2	11.845	10.829	9.38
3	10.508	10.552	0.41
% promedio aumento consumo Riobamba			8.44

Realizado por: Sevillano & Pastillo, 2021.

Tabla 14-3: Incremento en porcentaje del consumo de combustible V2.

Consumo de combustible AUDI Q5			
Prueba	Consumo de combustible A/C ON	Consumo de combustible A/C OFF	Aumento del consumo
	[km/l]	[km/l]	[%]
1	7.412	6.865	7.096
2	7.596	6.299	20.59
3	7.673	7.419	3.42
% promedio aumento consumo Riobamba			10.36

Realizado por: Sevillano & Pastillo, 2021.

Los valores obtenidos en nuestra investigación en la ciudad de Riobamba con el aire acondicionado activado, efectivamente hay un aumento en el consumo de combustible con estos valores corroboramos con los datos obtenidos por (Acosta Corral y Tello Flores 2016) que también obtuvieron un incremento en el consumo de combustible. En nuestra investigación para el Kia Picanto tenemos un incremento de 8.44% cuando encendemos el aire acondicionado, para el Audi Q5 observamos que tenemos un incremento de 10.36% en el consumo de combustible cuando encendemos el aire acondicionado.

En la ciudad de Riobamba observamos que tenemos un incremento mayor en el consumo de combustible, en la investigación de (Acosta Corral y Tello Flores 2016) tiene un aumento de 6.10% en Quito y de 3.37% en la ruta Otavalo-Ibarra, los datos pueden variar porque las mediciones se hicieron en diferentes autos y también en diferentes altitudes, en la investigación de (Acosta Corral y Tello Flores 2016) se hicieron a una altura para la ruta en Quito de 2530 msnm y en la ruta Otavalo-Ibarra a una altura de 1520 msnm, para la toma de datos en la ciudad

de Riobamba se hicieron a una altura de 2754 msnm, debemos considerar que a diferentes altitudes el consumo va a variar dependiendo a que altitud se hagan las mediciones.

En la investigación realizada por (Chancafe 2017) se realizaron pruebas con distintos tipos de refrigerante del aire acondicionado, se realizaron pruebas con el refrigerante R-134a y el refrigerante R-12 en un automóvil de 1300 cc y se obtuvieron los siguientes resultados.

Tabla 15-3: Emisión de gases AC/OFF y AC/ON R-134a y R-13 en un vehículo de 1300cc.

Condición	Vehículo de 1300 cc	Medición - Emisión de gases de la combustión a plena carga		
		CO ₂ + CO (%)	HC (ppm)	CO (%)
Desactivado el aire acondicionado	Vehículo 1	12.6	78	0.12
	Vehículo 2	12.3	89	0.09
	Vehículo 3	12.9	48	0.18
	Vehículo 4	13.2	56	0.23
Activado el aire acondicionado con refrigerante R-13a	Vehículo 1	13.5	67	0.23
	Vehículo 2	13	78	0.24
	Vehículo 3	13.1	63	0.19
	Vehículo 4	13.2	71	0.21
Activado el aire acondicionado con refrigerante R-12	Vehículo 1	12.9	71	0.26
	Vehículo 2	12.6	81	0.24
	Vehículo 3	12.5	74	0.31
	Vehículo 4	13.1	70	0.21

Realizado por: Sevillano & Pastillo, 2021.

En la investigación ejecutada observamos que tenemos valores con los distintos refrigerantes para emisiones de gases de combustión. Cuando activamos el aire acondicionado observamos con el refrigerante R-134a observamos que hay un incremento en los valores de emisiones de gases de combustión, el CO₂+CO en % cuando está activado el aire acondicionado observamos que su valor está en un rango de 13% y cuando esta desactivado el aire acondicionado está en un rango de 12%. Así mismo el CO% cuando el aire acondicionado está activado los valores aumentan. Al activar el aire acondicionado efectivamente hay un incremento en el aumento de las emisiones de gases contaminantes.

En nuestra investigación en las pruebas realizadas en la ciudad de Riobamba, los automóviles en los cuales se realizaron las pruebas los dos tienen el refrigerante R-134a y tenemos los siguientes valores de emisiones de gases.

Tabla 16-3: Promedio de concentraciones volumétricas de emisiones AC/OFF

AIRE ACONDICIONADO DESACTIVADO						
N0	MARCA	MODELO	CILINDRADA	CO	HC	NOx
			[cc]	[% Vol]	[ppm]	[ppm]
1	Kía	Picanto LX AC	1250	0.645	115	265
2	Audi	Q5 TFSI	2000	0.093	38	327

Realizado por: Sevillano & Pastillo, 2021.

Tabla 17-3: Promedio de concentraciones volumétricas de emisiones AC/ON

AIRE ACONDICIONADO ACTIVADO						
N0	MARCA	MODELO	CILINDRADA	CO	HC	NOx
			[cc]	[% Vol]	[ppm]	[ppm]
1	Kía	Picanto LX AC	1250	0.694	124	327
2	Audi	Q5 TFSI	2000	0.116	48	470

Realizado por: Sevillano & Pastillo, 2021.

Como verificamos en la investigación de (Chancafe, 2017, p. 41) los valores de emisiones de gases aumentan al activar el aire acondicionado con el refrigerante R-134a. En nuestra investigación los valores promedios de las emisiones de gases también aumentaron, observamos que los valores para el Kia Picanto las emisiones de CO de 0.64% aumentaron a 0.69% y efectivamente tenemos un incremento de 7.81% de CO al activar el aire acondicionado, lo mismo ocurre para los HC, de 115ppm aumentaron a 124ppm teniendo un incremento de 7.82% en ppm, para los NOx también incrementaron de 265ppm a 327ppm teniendo así un incremento de 23.39% en las emisiones de NOx.

Los valores para el Audi Q5 también obtuvimos un incremento en las emisiones de gases cuando activamos el aire acondicionado, de 0.09% de CO aumentaron a 0.11% de CO teniendo así un incremento de 22.22%, para los HC de 38ppm aumentaron a 48ppm teniendo un incremento de 26.31%, los NOx de 327ppm aumentaron a 470ppm teniendo así un incremento de 43.73%. Con los datos obtenidos por (Chancafe 2017) y los datos obtenidos en nuestra investigación corroboramos que al tener activado el aire acondicionado con refrigerante R-134a las emisiones de gases se elevan.

CONCLUSIONES

La activación del aire acondicionado brinda confort de los ocupantes en el habitáculo, este tiene diferentes niveles para tener una temperatura que sea agradable para los ocupantes, en la investigación realizada el aire acondicionado está funcionando en su máximo nivel.

Los resultados obtenidos de las pruebas realizadas con el aire acondicionado activado y desactivado en el ciclo de conducción de Riobamba dependen mucho de diversos factores como: el tráfico de ruta, los semáforos, el clima, las pendientes, el tipo de calzada, etc. Para los resultados obtenidos las pruebas son realizadas a una altura promedio de 2750 msnm.

Para el consumo de combustible en los vehículos tipo SEDÁN y tipo SUV las pruebas realizadas se tomó en cuenta las mismas condiciones con la única diferencia en la activación o desactivación del aire acondicionado. Los resultados obtenidos al activar el aire acondicionado muestran un aumento en el consumo de combustible, en el vehículo tipo SEDÁN el aumento obtenido es de 8.44% en (km/l) y para el vehículo tipo SUV el aumento es de 10.36% en (km/l).

Mediante la determinación de niveles de contaminación de emisión de gases podemos observar que el aire acondicionado presenta un aumento significativo para las emisiones CO, HC y NOx, el aumento en las emisiones de gases para el vehículo tipo SEDÁN el aumento de CO fue de 7.81%, para los HC el aumento fue de 7.82% y para los gases de NOx el aumento fue de 23.39%. Para el vehículo tipo SUV el incremento de emisiones es de 22.22% de CO, el incremento de HC es de 26.31% y el incremento de NOx es de 43.73%. Con estos resultados verificamos que el aire acondicionado si es una variable que incide mucho en las emisiones de gases ya que el motor recibe más carga y por esta razón observamos un aumento en las emisiones de gases.

Los factores de emisión al activar el aire acondicionado también se evidenció un aumento tanto para el vehículo tipo SEDÁN como para el vehículo tipo SUV. Para el vehículo tipo SUV el aumento al activar el aire acondicionado en los factores de emisión es de 61.83% FCO en (g/km), el incremento para el FHC en (g/km) es de 4.66%, el incremento para el FNOx en (g/km) es de 174%. Para el vehículo tipo SEDÁN el aumento en los factores de emisiones de gases es de 17.09% FCO en (g/km), el incremento para el FHC en (g/km) es de 2.10% y para el aumento de FNOx es de 16.50%. Con los resultados obtenidos verificamos que el uso del aire acondicionado hace que los factores de emisiones de gases se aumenten y con ello estamos contaminando más el medio ambiente.

Unos de los principales aspectos ambientales identificados en el uso de aire acondicionado involucran donde se evidencia más consumo de recursos como combustible, afectación de la salud.

RECOMENDACIONES

Se evidencia menor información de ámbito nacional con respecto a emisión de gases contaminantes y consumo de combustible durante la investigación se demuestra que el uso de aire acondicionado genera en más uso de combustible.

El uso de aire acondicionado brinda confort y seguridad, ya que evita la fatiga al conductor y acompañantes se mantiene a temperaturas adecuadas dentro del habitáculo, seguridad por los altos índices de robos, protección de contagio del covid-19.

El impacto del funcionamiento del aire acondicionado en el consumo de combustible inactivo es bastante alto como un aumento porcentual sobre el activo. La tasa de consumo de combustible del aire acondicionado en ralentí es un poco más baja que la vista para velocidades de crucero.

El consumo de combustible de los vehículos es un elemento importante en la contaminación del aire, muchos países imponen requisitos para el ahorro de combustible además de definir estrategias de conducción eficiente

GLOSARIO

Combustión: La combustión es un conjunto de reacciones de oxidación con desprendimiento de calor, que se producen entre dos elementos: el COMBUSTIBLE, que puede ser un sólido (Carbón, Madera, etc.), un líquido (Gasóleo, Fuel-Oil, etc.) o un gas (Natural, Propano, etc.) y el COMBURENTE, Oxígeno.

Ralentí: número mínimo de revoluciones por minuto de un motor cuando no se acciona el acelerador y no está engranada ninguna velocidad

Monóxido Carbono: se produce en la combustión incompleta, es un gas incoloro, inodoro, explosivo altamente toxico, aumenta con mezclas ricas factor lamda menor 1 el oxígeno existente no es suficiente para completar la combustión, por lo cual el contenido de CO en los gases de es alto.

Dióxido de Carbono: es producto de una combustión eficiente, se genera al quemar los combustibles que contienen carbono al combinarse con el oxígeno aspirado, es un gas incoloro, no combustible.

Hidrocarburos: son residuos no combustionados del combustible, aparecen en los gases de escape luego de una combustión incompleta. La combustión ineficiente es debido a la falta de oxígeno durante la combustión mezcla rica o también por una baja velocidad de inflamación mezcla pobre. la concentración de hidrocarburos sin combustiona se reduce a valores mínimos para relaciones aire-combustible ligeramente superiores a la estequiometria.

BIBLIOGRAFÍA

ACOSTA CORRAL, Miguel Antonio & TELLO FLORES, William Paúl. Estudio del aire acondicionado en el consumo de combustible, potencia del motor y confort térmico en la cabina de un vehículo liviano (Tesis) (Pregrado) [en línea]. Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Mecánica. Quito – Ecuador, 2016, p. xiv. [Consulta: 28 julio 2021]. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/15960>

ANDRÉ, Michel., JOUMARD, Robert., VIDON, Robert., TASSEL, Patrick & PERRET, Pascal. Real-World European driving cycles, for measuring pollutant emissions from high-and low – powered cars. “Atmospheric Environment” [en línea]. 2006, 40 (31), pp. 5944-5953. [Consulta: 25 marzo 2021]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1352231006000513>

ARIAS MONTAÑO, Elmer Israel & LUDEÑA AYALA, José Andrés. “Estimación del consumo de combustibles y niveles de emisiones contaminantes de un vehículo de categoría M1 en rutas con mayor grado de saturación en la ciudad de Cuenca” (Trabajo de Titulación) (Pregrado) [en línea]. Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, Carrera de Ingeniería Mecánica Automotriz. Cuenca – Ecuador, 2018, p. 54. [Consulta: 14 octubre 2021]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/15325/1/UPS-CT007541.pdf>

BARCZAK, Rafael & DUARTE, Fabio. Impactos ambientais da mobilidade urbana: cinco categorias de medidas mitigadoras. “Revista Brasileira de Gestao Humano” [en línea]. 2012, 4 (1), pp. 13-32. [Consulta: 28 marzo 2021]. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/urbe/a/ZXSBgx6QxMwtB7rhHDtLkC/?format=pdf&lang=pt>

BARLOW, T., LATHAM, S. y BOULTER, P. *Un libro de referencia de los ciclos de conducción para su uso en la medición de las emisiones de los vehículos de carretera.* Wokingham: TRL Limited, 2009. ISBN 0968-4093

CABALLERO MORALES, Mario Andrés. Análisis de emisiones de vehículos livianos según ciclos de conducción específicos para la región metropolitana (Memoria) (Pregrado) [en línea]. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Ingeniería Mecánica. Santiago de Chile – Chile, 2011, pp. 17, 68. [Consulta: 15 junio 2021]. Disponible en: <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/104333/Analisis-de-emisiones-de-vehiculos-livianos-segun-ciclos-de.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

CALVA MONTOYA, Roberto Carlos & FLORES DÍAZ, Andrés Eduardo. Obtención del ciclo de conducción urbano para la ciudad de Riobamba en horas pico y no pico mediante la recolección de datos de los factores de operación y consumo energético obtenido por un dispositivo OBD II (Tesis) (pregrado) [en línea]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, Carrera de Ingeniería Automotriz. Riobamba. Ecuador, 2020, pp. 40-60. [Consulta: 15 marzo 2021]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/13823/1/65T00342.pdf>

CONSEJO NACIONAL DEL AMBIENTE PERÚ. *Límites máximos permisibles de emisiones contaminantes para vehículos automotores que circulen en la red vial* [en línea]. Lima – Perú. 2001. [Consulta: 12 febrero 2021]. Disponible en: <https://repositoriodigital.minam.gob.pe/bitstream/handle/123456789/90/BIV00447.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

CHANCAFE ZARPÁN, Jonny Eduardo. “Evaluación del aire acondicionado en vehículos de 1300 CC utilizando R-134^a y R-12 para determinar el consumo de combustible. Chiclayo, 2017” (Tesis) (Pregrado) [en línea]. Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica. Chiclayo – Perú, 2017, pp. 40-60. [Consulta: 15 marzo 2021]. Disponible en: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/32405/chancafe_zj.pdf?sequence=1&isAllowed=y

HUFF, Shean., WEST, Brian & FOSTER, John. Efectos del uso del aire acondicionado en la economía del combustible en el mundo real. “SAE Internacional” [en línea]. 2013, pp. 1-11. [Consulta: 12 febrero 2021]. ISSN 0148-7191. Disponible en: <https://www.sae.org/publications/technical-papers/content/2013-01-0551/>

INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN (INEN). *Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE-INEN 017:2008. Control de emisiones contaminantes de fuentes móviles terrestres* [en línea]. Quito – Ecuador: 2008. [Consulta: 15 septiembre 2021]. Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/reglamentos/RTE-017.pdf>

INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN (INEN). *Norma Técnica Ecuatoriana 2203:2000. Gestión ambiental. Aire. Vehículos automotores. Determinación de la concentración de emisiones de escape en condiciones de marcha mínima o “ralenti”. Prueba estática* [en línea]. Quito – Ecuador. 2000, pp. 1-5. [Consulta: 15 febrero 2021]. Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2203.pdf>

INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN (INEN). *Norma Técnica Ecuatoriana 2204. Norma Técnica Ecuatoriana 2203:2000. Gestión ambiental. Aire. Vehículos automotores. Límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestre que emplean gasolina* [en línea]. Quito – Ecuador, 2017, pp. 1-5. [Consulta: 15 febrero 2021]. Disponible en: https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_2204-2.pdf

INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN. *Norma Técnica Ecuatoriana NTR-INEN 2656. Clasificación Vehicular* [en línea]. Quito – Ecuador, 2016, pp. 1-5. [Consulta: 15 mayo 2021]. Disponible en: https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_2656-1.pdf

LLANES CEDEÑO, Edilberto Antonio., ROCHA HOYOS, Juan Carlos., PERALTA ZURITA, Diana Belén & LEGUÍSAMO MILLA, Julio César. Evaluación de emisiones de gases en un vehículo liviano a gasolina en condiciones de altura. Caso de estudio Quito, Ecuador. “Enfoque UTE” [en línea]. 2018, 9 (2), pp. 149-158. [Consulta: 15 abril 2021]. Disponible en: <http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/enfoqueute/v9n2/1390-6542-enfoqueute-9-02-00149.pdf>

MIRANDA PILATUÑA, Kevin Alexander. Análisis de pérdidas energéticas en un motor de combustión interna a gasolina (MECH) de 1600 cm³ en un vehículo de uso particular para determinar su rendimiento térmico (Tesis) (Pregrado) [en línea]. Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Mecánica. Ambato – Ecuador, 2020, p. 12. [Consulta: 15 marzo 2021]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/31427/1/Tesis%20I.%20M.%20599%20-%20Miranda%20Pilatu%c3%b1a%20Kevin%20Alexander.pdf>

MONTÚFAR, Paúl., ABAD, Celin., QUINGA, Milton & RAZO, Andrea. Análisis de los factores de emisión dinámicos para el vehículo Toyoota Hi Lux con motor de ciclo Otto S.I. para altitudes superiores a los 2500 msnm. “Ciencia Digital” [en línea]. 2019, 3 (2), pp. 602-619. [Consulta: 15 marzo 2021]. Disponible en: <https://cienciadigital.org/revistacienciadigital2/index.php/CienciaDigital/article/download/469/1074/>

MOSQUERA, José., FERNÁNDEZ, Sergio & MOSQUERA, Julio. Análisis de emisiones de CO₂ para diferentes combustibles en la población de taxis en Pereira y Dosquebradas. “Scientia et Technica” [en línea]. 2010, (Universidad Tecnológica de Pereira), XVI (45), pp. 141-46. [Consulta: 15 febrero 2021]. Disponible en:

<https://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/385/159>

NUNIGE, Olivier. Evaluación y comparación de métodos de medición de consumo de combustible para laboratorio y ruta en un vehículo liviano (Trabajo de grado) [en línea]. Universidad Tecnológica de Pereira, Facultad de Ingeniería Mecánica. Pereira – Colombia, 2018, p. 5. [Consulta: 15 marzo 2021]. Disponible en: <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/2f121664-83f4-48db-bfee-bdc78508589a/content>

RECALDE ROJAS, Mauricio Norberto & REVELO ARGOTI, Romerl Vladimir. Análisis de emisiones en vehículos a gasolina utilizando pruebas estacionaria y dinámica mediante ciclo IM-240 (Tesis) (Maestría) [en línea]. Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Mecánica. Quito – Ecuador, 2015, p. 90. [Consulta: 28 junio 2021]. Disponible en: <file:///D:/Tami/Downloads/CD-6584.pdf>

RESTREPO, Álvaro., CARRANZA, Yamid & TIBAQUIRA, Juan. Diseño y aplicación de una metodología para determinar ciclos de conducción vehicular en la ciudad de Pereira. “Scientia et Technica” [en línea]. 2007, XIII (37). [Consulta: 18 abril 2021]. Disponible en: <https://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/4071/2241>

RIVERA LINARES, James Holman & ENCISO DÍAZ, Nelcy. Estudio de factibilidad para la implementación de filtros de aire acondicionado vehicular para reducir las concentraciones de agentes tóxicos del aire respirado al interior de los vehículos en Bogotá (Tesis) (Posgrado) [en línea]. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Facultad de Ingeniería, Especialización en Gestión de Proyectos de Ingeniería. Bogotá – Colombia. 2017, p. 25. [Consulta: 25 enero 2021]. Disponible en: <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/7648/RiveraLinaresJamesHolman2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ROCHA HOYOS, Juan., LLANES CEDEÑO, Edilberto., CELI ORTEGA, Santiago & PERALTA ZURITA, Diana. Efecto de la adición de biodiesel en el rendimiento y la opacidad de un motor a diésel. “Información Tecnológica” [en línea]. Quito – Ecuador, 2019, 30 (3), 137-146. [Consulta: 14 febrero 2021]. Disponible en: <https://www.scielo.cl/pdf/infotec/v30n3/0718-0764-infotec-30-03-00137.pdf>

ROSO, Vinicius & SANTOS, Mario. Evaluación de un ciclo de conducción del mundo real y sus impactos en el consumo de combustible y las emisiones. “SAE International” [en línea]. 2015, 36, (195), pp. 1-5. [Consulta: 15 abril 2021]. Disponible en:

<https://www.sae.org/publications/technical-papers/content/2015-36-0195/>

SHI, Qin., ZHENG, YuBo., WANG, RunShen & LI, YouWen. The study of a new method of driving cycles construction. “ELSEVIER” [en línea]. 2011, 16, pp. 79-87. [Consulta: 14 marzo 2021]. Disponible en: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1877705811025562?token=D65C344A2F24B958C64FBDCC5023BAD38EF5E86CB7BF998EE0B8F49D352E8E57A661D08325A378214A6443CC93ACDA53&originRegion=us-east-1&originCreation=20220727033411>

TOBAR, Carlos & TORRES, Luis. Determinación del consumo de combustible de vehículos en base a los ciclos de conducción EPA FTP75 y EPA HWFET, en dinamómetro de chasis. “Universidad del Azuay” [en línea]. Cuenca – Azuay, 2017, pp. 1-8. [Consulta: 15 abril 2021]. Disponible en: <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/7363/1/13291.pdf>

TONG, H., HUNG, W & CHEUNG, C. On-Road Motor Vehicle Emissions and Fuel Consumption in Urban Driving Conditions. “Journal of the Air & Waste Management Association” [en línea]. 2011, 50 (4), pp. 543-554. [Consulta: 15 junio 2021]. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/10473289.2000.10464041?needAccess=true>

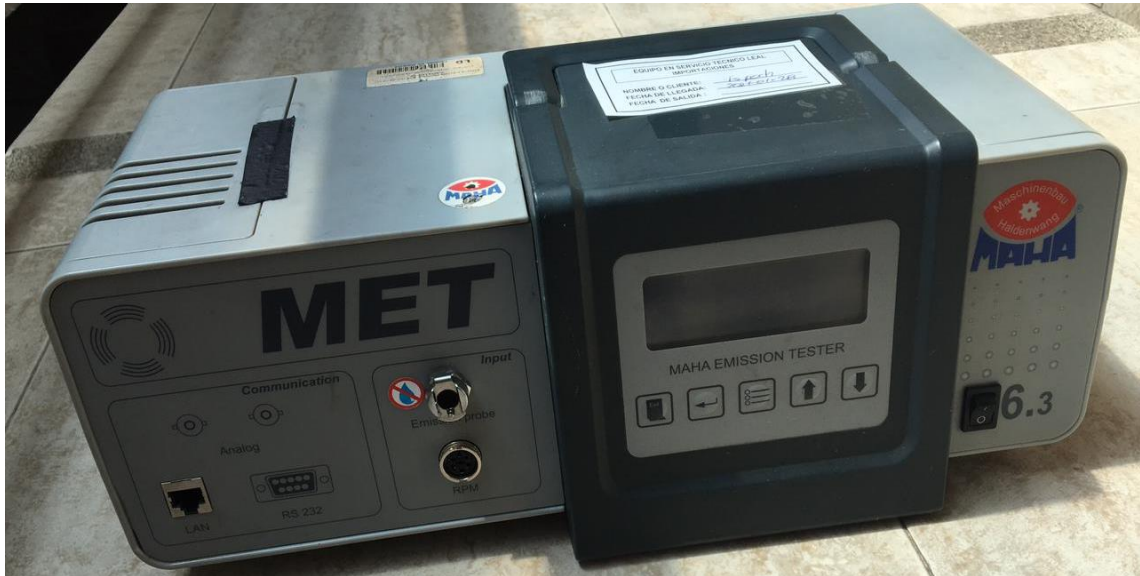
URBINA, Andrés., TIPANLUISA, Luis., PORTILLA, Ángel & COTACAHU, Flavio. Estudio de las emisiones vehiculares en pruebas con dinamómetro y en ruta. “VIII Congreso Internacional de Ingeniería Mecánica y Mecatrónica” [en línea]. 2017, pp. 1-4. [Consulta: 14 febrero 2021]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/316612229_ESTUDIO_DE_LAS_EMISIONES_VEHICULARES_EN_PRUEBAS_CON_DINAMOMETRO_Y_EN_RUTA/link/5907d29eaca272116d3cb472/download

VILLANUEVA MANRESA, R. *Refrigerantes para aire acondicionado y refrigeración* [en línea]. San Vicente (Alcanta): Editorial Club Universitario, 2003. [Consulta: 15 febrero 2021] ISBN 978-84-9948-461-7. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/epoch/55031>

ANEXOS

ANEXO A: PROTOCOLO ANALIZADOR DE EMISIONES MAHA 6.3

EQUIPO MAHA MET 6.3 (ELEMENTOS)



Antes de usar el equipo necesariamente:

Limpieza interna (equipo)

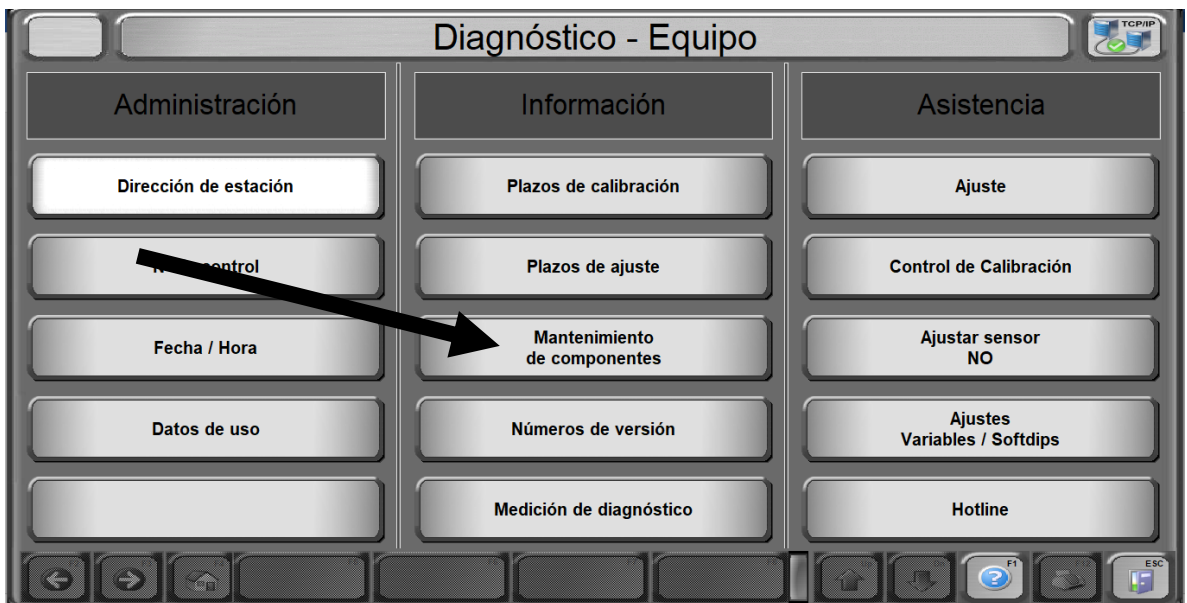
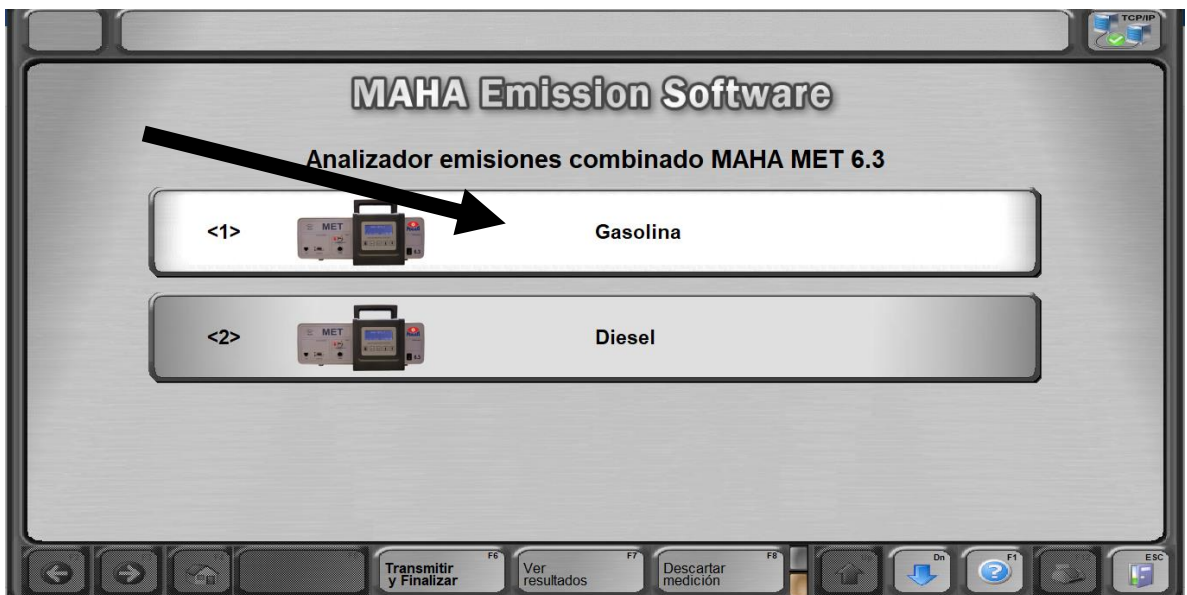
- Cuidadosamente seguir los pasos del tutorial (aire comprimido menos de 2 bar):
- <https://www.youtube.com/watch?v=zxXB7PIRgkY>

Limpieza externa

- Limpiar con desengrasante a base de agua (sonda y manguera)
- Limpiar con aire comprimido (sonda y manguera)
- Verificar que todos los componentes esten totalente secos
- Cambio de filtro externo

Calentamiento del equipo







ANALIZADOR MAHA 6.3 (SIN COLOCAR LA SONDA AL VEHÍCULO)			
SENSOR	RANGO	SI	NO
O ₂	(Fluctuando)		
NO	(Fluctuando)		
NO ₂	Mayor a 3000		
Estado carga del filtro	Máximo 50% (barras)		

Pruebas del analizador (no conectar al sistema de escape del vehículo)

- Prueba de hermeticidad (sonda conectada al equipo)
- Prueba de hc (sonda conectada al equipo)
- Prueba de vacio (sonda conectada al equipo)

Valores verificación del estado del equipo

ANALIZADOR MAHA 6.3 (SIN COLOCAR LA SONDA AL VEHÍCULO)			
CONTAMINANTE	RANGO	SI	NO
O ₂	20-21 %		
HC	0 ppm		
NO	0 ppm		

Verificación estado del equipo

ANALIZADOR DE EMISIONES MAHA 6.3			
PARTE	BIEN	DEFECTUOSO	OBSERVACIÓN
EQUIPO			
SONDA			
MANGUERA			
PINZA			
CABLES ALIMENTACIÓN MAHA 6.3			
TRAMPA DE AGUA			

Condiciones de pruebas de emisiones (estática)

- El vehículo o motor a medir debe estar en temperatura de funcionamiento
- Revisar que el sistema de escape no tenga fugas
- Revisar que en el sistema de escape no exista residuos de agua
- En caso de evidenciar presencia de agua en el filtro **no** realizar ninguna prueba o interrumpir la misma de manera inmediata
- Sujetar la pinza al tubo de escape evitar golpes y averías (daña la sonda)

Condiciones para pruebas de emisiones (dinámica)

- El vehículo o motor a medir debe estar en temperatura de funcionamiento
- Revisar que el sistema de escape no tenga fugas
- Revisar que en el sistema de escape no exista residuos de agua
- En caso de evidenciar presencia de agua en el filtro **no** realizar ninguna prueba o interrumpir la misma de manera inmediata
- Cuando un vehículo presente valores de hc fuera del rango (valores altos) hacer una calibración al motor caso contrario no hacer la prueba los altos valores de hc pueden dañar el equipo
- Sujetar la pinza al tubo de escape evitar golpes y averías (daña la sonda)