



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

## **FACULTAD DE MECÁNICA**

### **CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRÍZ**

#### **“ANÁLISIS COMPARATIVO BASADO EN EL RENDIMIENTO DE UN VEHÍCULO SEGMENTO B CON Y SIN ADITIVOS EN LA MEZCLA DE COMBUSTIBLE EXTRA DE 87 OCTANOS.”**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar el grado académico de:

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**AUTORES:**

**BRYAN ANDRÉS TOALOMBO QUINATO A**

**MATTHEW MIJAE L LEÓN PALACIOS**

Riobamba – Ecuador

2022



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

## **FACULTAD DE MECÁNICA**

### **CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRÍZ**

#### **“ANÁLISIS COMPARATIVO BASADO EN EL RENDIMIENTO DE UN VEHÍCULO SEGMENTO B CON Y SIN ADITIVOS EN LA MEZCLA DE COMBUSTIBLE EXTRA DE 87 OCTANOS.”**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar el grado académico de:

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**AUTORES:** BRYAN ANDRÉS TOALOMBO QUINATOA

MATTHEW MIJAELE LEÓN PALACIOS

**DIRECTOR:** Ing. RODRIGO RIGOBERTO MORENO PALLARES

Riobamba – Ecuador

2022

**© 2022, Bryan Andrés Toalombo Quinatoa; Matthew Mijael León Palacios**

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, BRYAN ANDRÉS TOALOMBO QUINATO A Y MATTHEW MIJAEL LEÓN PALACIOS, declaramos que el presente trabajo de titulación 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.

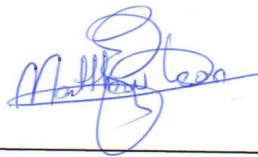
Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 17 de marzo 2022



**Bryan Andrés Toalombo Quinatoa**

180438797-3



**Matthew Mijael León Palacios**

092411777-3

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA**

**CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de Integración Curricular; tipo: Proyecto de Investigación, **“ANÁLISIS COMPARATIVO BASADO EN EL RENDIMIENTO DE TRES VEHÍCULOS SEGMENTO B CON Y SIN ADITIVOS EN LA MEZCLA DE COMBUSTIBLE EXTRA DE 87 OCTANOS”**, realizado por los señores: **BRYAN ANDRÉS TOALOMBO QUINATO** y **MATTHEW MIJAEL LEÓN PALACIOS**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

FIRMA

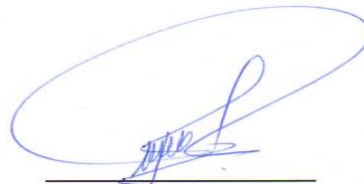
FECHA

Ing. Edgar Fabián Sánchez Carrión Dr  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**



2022-03-17

Ing. Rodrigo Rigoberto Moreno P.  
**DIRECTOR DE TRABAJO  
TITULACIÓN**



2022-03-17

Ing. Edwin Rodolfo Pozo Safla  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



2022-03-17

## **DEDICATORIA**

Especialmente mis padres Nicolás León y Cecilia Palacios, quienes son los principales actores del cumplimiento del objetivo planteado hace 5 años. Ellos han sido protagonistas al brindarme las facilidades económicas y emocionales para poder dirigir mis esfuerzos a mi preparación académica y poder graduarme como un Ingeniero Automotriz. En un segundo plano dedico este logro a mi abuela Rosa María, y a un gran amigo Edwin Piedra, a quienes recuerdo con nostalgia ya que fueron parte de mi vida universitaria pero no lograron llegar a compartir la emoción que la ocasión amerita.

**Matthew León**

A mis padres Manuel Toalombo y María Quinatoa por haberme guiado y forjado en la persona que soy en la actualidad. A mis hermanos Alex, Michelle y Jonh que son ejemplo de lucha por haber estado siempre en los buenos y malos momentos de mi vida. A mi abuelita María Taco por cuidarme y motivarme a nunca rendirme y cumplir mis sueños. A un gran amigo que está en el cielo Edwin Piedra por su amistad sincera y todo el apoyo incondicional que tuve.

**Bryan Toalombo**

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, agradecimientos eternos a mi familia, quienes brindaron el apoyo y motivó siempre a dar pasos al frente a pesar de las adversidades.

También agradecer al grupo de amigos nombrado KND, entre hombres y mujeres, quienes se convirtieron en hermanos y hermanas durante la estadía de los 5 años en la ciudad de Riobamba. Aquellas personas que hicieron la vida estudiantil más sencilla ante la lejanía de la familia de sangre.

Por último, agradecer a las políticas de la Revolución Ciudadana, quienes facilitaron la entrada a la universidad de miles de estudiantes de manera justa y equitativa, entre ellos, yo. De haber vivido en otros tiempos, mi presente hubiese sido distinto.

**Matthew León**

El amor, el cariño y la paciencia que mis padres (Manuel, María) me tuvieron a lo largo de mi vida personal, escolar y laboral es el fruto de la persona en la cual me he convertido. Agradezco a mis padres por brindarme su compañía, su confianza y por nunca dejar de creer en mí.

Agradezco a mis hermanos por haberme ayudado cuando más lo necesitaba, que a pesar de las peleas y discusiones siempre estuvimos juntos como grandes amigos y grandes luchadores. Además, no quiero dejar pasar esta oportunidad de agradecer a mi abuelita que con su infinito amor y sus consejos han hecho que mis días se vuelvan más fáciles.

Agradezco a Dios por siempre cuidarme y brindarme muchos días de salud y vida, además por brindarme a la familia que tengo y por haber permitido conocer a unos buenos amigos (KND) que con el tiempo se convirtieron en parte de mi vida, que a pesar de lo lejos de casa que estuvimos nunca dejamos de apoyarnos, darnos ánimos y de creer en nosotros. Gracias KND por brindarme buenos momentos de felicidad y por ser parte de mi familia.

**Bryan Toalombo**

## TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE GRÁFICAS.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
RESUMEN.....	xv
SUMMARY.....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	1

## CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	2
1.1 Antecedentes.....	2
1.2 Problematización .....	2
1.2.1. <i>Efectos económicos</i> .....	3
1.2.2. <i>Efectos técnicos del vehículo</i> .....	3
1.3 Justificación.....	3
1.4 Objetivos.....	4
1.4.1. <i>Objetivo General</i> .....	4
1.4.2. <i>Objetivos Específicos</i> .....	4
1.5 Hipótesis .....	5
1.6 Estado del arte .....	5
1.6.1. <i>Aditivos para combustible</i> .....	5
1.6.1.1. <i>Glicerol como componente del aditivo automotriz</i> .....	5
1.6.1.2. <i>Aditivo oxigenado</i> .....	6
1.6.1.3. <i>Contenido de metales en los aditivos</i> .....	6
1.6.1.4. <i>Aditivo sólidos y líquidos</i> .....	7
1.6.1.5. <i>Aditivo antioxidante</i> .....	8
1.6.1.6. <i>Aditivos comerciales</i> .....	8
1.6.2. <i>Efectos de los aditivos</i> .....	9
1.6.2.1. <i>Gasolina con aditivo de combustible MMT</i> .....	9
1.6.2.2. <i>Efecto de los aditivos de combustible de alto punto de ebullición en un motor a gasolina</i> . .....	10
1.6.2.3. <i>Efectos debido a una alta concentración de MTBE en pruebas de ruta</i> . .....	11



<b>1.6.3.</b>	<b>Normativa NTE INEN 2203:00</b> .....	12
<b>1.6.3.1.</b>	<i>Pruebas realizadas aplicando la Normativa 2203</i> .....	12
<b>1.6.3.2.</b>	<i>La importancia de usar la Normativa NTE INEN 2203:00.</i> .....	14
<b>1.6.4.</b>	<b>Normativa NTE INEN 2 349:2003</b> .....	14
<b>1.6.5.</b>	<b>Emisiones de gases contaminantes</b> .....	15
<b>1.6.5.1.</b>	<i>Aditivo MTBE con gasolina</i> .....	15
<b>1.6.5.2.</b>	<i>Emisiones de gases contaminantes del vehículo usando gasolina de 87 octanos.</i> .....	17
<b>1.6.5.3.</b>	<i>Correlación año del vehículo vs CO</i> .....	19
<b>1.6.5.4.</b>	<i>Correlación año del vehículo vs HC</i> .....	19
<b>1.6.6.</b>	<b>Medición de consumo de combustible</b> .....	20
<b>1.6.6.1.</b>	<i>Análisis Estadístico mediante Scanner</i> .....	20
<b>1.6.7.</b>	<b>Octanaje de combustible</b> .....	21
<b>1.6.7.1.</b>	<i>Octanaje de combustible extra con aditivo sólido y líquido</i> .....	21
<b>1.6.7.2.</b>	<i>Octanaje de combustible extra y súper</i> .....	22
<b>1.6.8.</b>	<b>Ciclo de Conducción</b> .....	23
<b>1.6.8.1.</b>	<i>Importancia de conducción en la ciudad de Riobamba.</i> .....	23
<b>1.6.8.2.</b>	<i>Ciclo NEDC</i> .....	23
<b>1.6.8.3.</b>	<i>Ciclo WLTP</i> .....	24
<b>1.6.8.4.</b>	<i>Ciclo FTP-75</i> .....	25
<b>1.6.8.5.</b>	<i>Ciclo HWFET</i> .....	26
<b>1.6.8.6.</b>	<i>Comparación de ciclos de conducción entre ADC, ECE-15 y EDC.</i> .....	28
<b>1.6.8.7.</b>	<i>Determinación del consumo de combustible de vehículo usando ciclos de conducción EPA, FTP75 y EPA en dinamómetro.</i> .....	29
<b>1.6.8.8.</b>	<i>Comparación de factores emisión vehicular al utilizar ciclos de conducción IM240 y On Board.</i> .....	31

## CAPITULO II

<b>2.</b>	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	33
<b>2.1.</b>	<b>Método de Investigación</b> .....	33
<b>2.1.1.</b>	<i>Método hipotético-deductivo</i> .....	33
<b>2.1.2.</b>	<i>Método Inductivo</i> .....	33
<b>2.1.3.</b>	<i>Método Experimental</i> .....	33
<b>2.1.4.</b>	<i>Método Comparativo</i> .....	34
<b>2.2.</b>	<b>Método Cuantitativo</b> .....	34
<b>2.3.</b>	<b>Método empírico.</b> .....	35

2.3.1.	<i>Medición</i> .....	35
2.3.2.	<i>Experimentación</i> .....	35
2.4.	<b>Diagrama de flujo de la metodología.</b> .....	36
2.5.	<b>Protocolo de emisiones de gases.</b> .....	37
2.5.1.	<i>Variables de entrada.</i> .....	37
2.5.1.1.	<i>Características de los vehículos a prueba.</i> .....	37
2.5.1.2.	<i>Características del combustible utilizado.</i> .....	39
2.5.2.	<i>Normativa</i> .....	40
2.5.2.1.	<i>Aplicación Norma NTE INEN 2203.</i> .....	40
2.5.3.	<i>Equipo Analizador</i> .....	41
2.5.3.1.	<i>KANE AUTO PLUS</i> .....	41
2.5.3.2.	<i>Uso del analizador</i> .....	42
2.5.4.	<i>Aditivo de combustible</i> .....	43
2.5.4.1.	<i>Aditivo Qualco “PIKES”</i> .....	43
2.5.4.2.	<i>Simoniz-Qualitor</i> .....	44
2.5.4.3.	<i>Simoniz Power-Shot-5-1</i> .....	45
2.5.4.4.	<i>STP-Aditivo-gasolina</i> .....	46
2.5.4.5.	<i>Mezcla de aditivo con el combustible utilizado.</i> .....	47
2.5.5.	<i>Zona de análisis</i> .....	47
2.5.6.	<i>Condiciones de ruta.</i> .....	48
2.5.7.	<i>Acondicionamiento de los vehículos</i> .....	48
2.5.8.	<i>Herramientas y equipos utilizados</i> .....	49
2.5.8.1.	<i>Scanner Automotriz ELM 327</i> .....	49
2.5.8.2.	<i>Software Torque Pro</i> .....	50
2.5.8.3.	<i>Software EXCEL</i> .....	50
2.6.	<b>Protocolo para la extracción de datos de consumo de combustible.</b> .....	50
2.7.	<b>Simbología de los vehículos usados.</b> .....	51
2.8.	<b>Análisis de variables de respuesta.</b> .....	51
2.9.	<b>Análisis ANOVA.</b> .....	52

### CAPÍTULO III

3.	<b>MARCO DE RESULTADOS.</b> .....	53
3.1.	<b>Resultados de la prueba dinámica</b> .....	53
3.1.1.	<i>Ciclos de conducción sin aditivo.</i> .....	53
3.1.2.	<i>Ciclos de conducción con aditivo</i> .....	55

3.1.3.	<i>RPM vs Tiempo sin aditivo.</i>	57
3.1.4.	<i>RPM vs Tiempo Con aditivo</i>	59
3.1.5.	<i>Consumos de combustible sin aditivo.</i>	61
3.1.6.	<i>Consumo de combustible con Aditivo</i>	63
3.2.	<b>Resultados obtenidos de emisiones.</b>	65
3.2.1.	<i>Emisiones sin aditivo</i>	65
3.2.2.	<i>Emisiones con aditivos</i>	67
3.3.	<b>Análisis comparativo de emisiones de escape.</b>	69
3.4.	<b>Análisis Estadísticos.</b>	75
3.4.1.	<i>Análisis ANOVA Consumos de combustible.</i>	75
3.4.1.1.	<i>LSD-Consumo de combustible.</i>	76
3.4.1.2.	<i>Interacción de las variables de emisiones de gases</i>	78
3.4.2.	<i>Interpretación de las gráficas de intervalo vs Estado del vehículo.</i>	81
3.5.	<b>Discusión.</b>	83
<b>CONCLUSIONES.</b>		85
<b>RECOMENDACIONES.</b>		86
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>		
<b>ANEXOS</b>		

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1:</b>	Datos del número de octanos.....	22
<b>Tabla 2-1:</b>	Resultados de consumos del chevrolet sail 1.4l.....	30
<b>Tabla 3-1:</b>	Resultados de consumos de mazda 3 2.0l.....	30
<b>Tabla 4-1:</b>	Comparación de factores de emisiones del ciclo on board.....	31
<b>Tabla 5-1:</b>	Comparación de consumos de combustible por el ciclo im240. ....	31
<b>Tabla 1-2:</b>	Ficha técnica vehículo 1 .....	37
<b>Tabla 2-2:</b>	Características del vehículo 2.....	38
<b>Tabla 3-2:</b>	Características del vehículo 3.....	38
<b>Tabla 4-2:</b>	Características del vehículo 4.....	39
<b>Tabla 5-2:</b>	Propiedades del combustible extra .....	39
<b>Tabla 6-2:</b>	Kane autoplus 5-2 características .....	41
<b>Tabla 7-2:</b>	Características técnicas kane .....	42
<b>Tabla 8-2:</b>	Información de las mezclas .....	47
<b>Tabla 9-2:</b>	Simbología.....	51
<b>Tabla 10-2:</b>	Análisis de variables de respuesta .....	52
<b>Tabla 11-2:</b>	Pruebas a tomar para el análisis anova .....	52
<b>Tabla 1-3:</b>	Factores de consumo .....	76
<b>Tabla 2-3:</b>	Análisis de varianza-consumo de combustible (I).....	76
<b>Tabla 3-3:</b>	Consumo de combustible ANOVA.....	78

## **INDICE DE FIGURAS**

<b>Figura 1-2:</b> Metodología de investigación. ....	36
<b>Figura 2-2:</b> Proceso para el uso del analizador kane.....	43

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-1:</b> Metales de contiene un aditivo.....	7
<b>Gráfico 2-1:</b> Rendimiento de gasolina extra. ....	8
<b>Gráfico 3-1:</b> Análisis de potencia.....	9
<b>Gráfico 4-1:</b> Resultados de torque. ....	9
<b>Gráfico 5-1:</b> Comparativa entre distintos aditivos. ....	11
<b>Gráfico 6-1:</b> Residuos de aditivos luego de 200l de combustible utilizado. ....	11
<b>Gráfico 7-1:</b> Prueba a ralenti (emisiones de co).....	13
<b>Gráfico 8-1:</b> Prueba a ralenti (emisiones de hc).....	13
<b>Gráfico 9-1:</b> Pasos inen 2349 en crv de carapungo.....	14
<b>Gráfico 10-1:</b> Pasos en la crv de carapungo inen 2349.....	15
<b>Gráfico 11-1:</b> Pasos en crv el inca inen 2349.....	15
<b>Gráfico 12-1:</b> Emisión de co vs rpm a carga de 340 kpa. ....	16
<b>Gráfico 13-1:</b> Emisión de co vs rpm a una carga de 850 kpa.....	16
<b>Gráfico 14-1:</b> Resultado de co de las muestras a 900 rpm y a 2500rpm.....	18
<b>Gráfico 15-1:</b> Resultado de co2 en las muestras a 900 rpm y a 2500 rpm.....	18
<b>Gráfico 16-1:</b> Correlación de las emisiones co vs año del vehículo. ....	19
<b>Gráfico 17-1:</b> Correlación de emisiones hc vs años de vehículos.....	20
<b>Gráfico 18-1:</b> Distribución y control de la muestra. ....	21
<b>Gráfico 19-1:</b> Cuadro de potencia máxima de un motor segmento b.....	22
<b>Gráfico 20-1:</b> Cuadro de torque máximo de un segmento b.....	23
<b>Gráfico 21-1:</b> Ciclo europeo nedc.....	24
<b>Gráfico 22-1:</b> Ciclo wltc.....	25
<b>Gráfico 23-1:</b> Ciclo ftp 75.....	25
<b>Gráfico 24-1:</b> Consumo de combustible [l/100] del vehículo hyundai santa fe.....	26
<b>Gráfico 25-1:</b> Consumo de combustible [l/100km] para el vehículo cherry qac. ....	27
<b>Gráfico 26-1:</b> Ciclo ftp 75 para el kia picanto.....	27
<b>Gráfico 27-1:</b> Ciclo de conducción adc 2002ciclo hwfet.....	28
<b>Gráfico 28-1:</b> Comparación ciclos de conducción adc, ece, edc.....	28
<b>Gráfico 29-1:</b> Consumos de combustible por ciclos de conducción adc, ece. ....	29
<b>Gráfico 30-1:</b> Comparación entre ciclos de conducción hwfet epa y hwfet.....	30
<b>Gráfico 31-1:</b> Diagrama de barras de los consumos de combustible. ....	32
<b>Gráfico 1-2:</b> Analizador de gases kane autoplus.....	41
<b>Gráfico 2-2:</b> Aditivo qualco pikes.....	44

<b>Gráfico 3-2:</b> Simoniz-qualitor.....	45
<b>Gráfico 4-2:</b> Aditivo power shot 5-1.....	46
<b>Gráfico 5-2:</b> Stp-aditivo-gasolina.....	46
<b>Gráfico 6-2:</b> Ruta establecida licán-san juan 16.5 km. ....	47
<b>Gráfico 7-2:</b> Altimetría de ruta.....	48
<b>Gráfico 8-2:</b> Escáner ELM 327.....	49
<b>Gráfico 1-3:</b> Prueba sin aditivo 3 y 4 - (a, b) chevrolet activo 2009– (c, d) chevrolet sail 2013 .....	54
<b>Gráfico 2-3:</b> Prueba sin aditivo 3 y 4 - (a, b) chevrolet activo 2009– (c, d) chevrolet sail 2013 .....	55
<b>Gráfico 3-3:</b> Prueba con aditivo 1 y 2 - (a, b) chevrolet activo 2009 – (c, d) chevrolet sail 2013 .....	56
<b>Gráfico 4-3:</b> Prueba con aditivo 3 y 4 - (a, b) chevrolet activo 2009– (c, d) chevrolet sail 2013 .....	57
<b>Gráfico 5-3:</b> Rpm prueba sin aditivo 1 y 2 - (a, b) chevrolet activo 2009 – (c, d) chevrolet sail 2013.....	58
<b>Gráfico 6-3:</b> Rpm prueba sin aditivo 1 y 2 -(a, b) chevrolet emotion 2008 –(c, d) chevrolet sail 2018.....	59
<b>Gráfico 7-3:</b> Rpm prueba con aditivo 1 y 2 -(a, b)chevrolet activo 2009–(c, d)chevrolet sail 2013.....	60
<b>Gráfico 8-3:</b> Rpm prueba con aditivo 1 y 2 - (a, b) chevrolet emotion 2008 – (c, d) chevrolet sail 2018.....	61
<b>Gráfico 9-3:</b> Consumo prueba sin aditivo 1 y 2 - (a, b) chevrolet activo 2009 – (c, d) chevrolet sail 2013. ....	62
<b>Gráfico 10-3:</b> Consumo prueba sin aditivo 1 y 2-(a, b) chevrolet emotion 2009–(c, d) chevrolet sail 2018. ....	63
<b>Gráfico 11-3:</b> Consumo prueba con aditivo 1 y 2 - (a, b) chevrolet activo 2009 – (c, d) chevrolet sail 2013.....	64
<b>Gráfico 12-3:</b> Prueba con aditivo 1 y 2 -(a, b) chevrolet emotion 2009 –(c, d) chevrolet sail 2018.....	65
<b>Gráfico 13-3:</b> Emisiones sin aditivo de la prueba 1 y prueba 2-vehículo 1 y 2. ....	66
<b>Gráfico 14-3:</b> Emisiones sin aditivo de la prueba 1 y prueba 2-vehículo 3 y 4. ....	67
<b>Gráfico 15-3:</b> Emisiones con aditivo de la prueba 3 y prueba 4-vehículo 1 y 2. ....	68
<b>Gráfico 16-3:</b> Emisiones con aditivo de la prueba 3 y prueba 4-vehículo 3 y 4. ....	69
<b>Gráfico 17-3:</b> Comparativa de valores CO2 para los vehículos 1,2,3 y 4 para ambos estados a 800rev.....	70

<b>Gráfico 18-3:</b> Comparativa de valores CO <sub>2</sub> para los vehículos 1,2,3 y 4 para ambos estados a 2000rev.....	70
<b>Gráfico 19-3:</b> Comparativa de valores CO para los vehículos 1, 2, 3 y 4 para ambos estados a 800rev.....	71
<b>Gráfico 20-3:</b> Comparativa de valores CO para los vehículos 1, 2, 3 y 4 para ambos estados a 2000rev.....	72
<b>Gráfico 21-3:</b> Comparativa de valores O <sub>2</sub> para los vehículos 1, 2, 3 y 4 para ambos estados a 800rev.....	72
<b>Gráfico 22-3:</b> Comparativa de valores O <sub>2</sub> para los vehículos 1, 2, 3 y 4 para ambos estados a 2000rev.....	73
<b>Gráfico 23-3:</b> Comparativa de valores HC para los vehículos 1, 2, 3 y 4 para ambos estados a 800rev.....	74
<b>Gráfico 24-3:</b> Comparativa de valores HC para los vehículos 1, 2, 3 y 4 para ambos estados a 2000rev.....	74
<b>Gráfico 25-3:</b> Gráfico de caja de ambos estados para el conjunto de vehículos.....	77
<b>Gráfico 26-3:</b> Gráfica de cajas para el vehículo 1, 2, 3 y 4 en los dos estados.....	78
<b>Gráfico 27-3:</b> Interacción de medias CO <sub>2</sub> por vehículo 1, 2, 3 y 4 entre los dos estados.....	79
<b>Gráfico 28-3:</b> Interacción de medias CO por vehículo 1, 2, 3 y 4 entre los dos estados.....	79
<b>Gráfico 29-3:</b> Interacción de medias de HC por vehículo 1, 2, 3 y 4 en los dos estados.....	80
<b>Gráfico 30-3:</b> Interacción de medias de O <sub>2</sub> por vehículo 1, 2, 3 y 4 en los dos estados.....	80
<b>Gráfico 31-3:</b> Gráfica de intervalos de CO <sub>2</sub> para la muestra.....	81
<b>Gráfico 32-3:</b> Gráfica de intervalos de CO para la muestra.....	82
<b>Gráfico 33-3:</b> Gráfica de intervalos de HC para la muestra.....	82
<b>Gráfico 34-3:</b> Gráfica de intervalos de O <sub>2</sub> para la muestra.....	83



## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A:** EXTRACCIÓN DE DATOS MEDIANTE TORQUE PRO

**ANEXO B:** PRUEBA DE HIPÓTESIS CON FISHER EN MINITAB (ANOVA)

**ANEXO C:** LSD DE FISHER

**ANEXO D:** EXTRACCIÓN DE DATOS MEDIANTE KANE AUTOPLUS.

**ANEXO D:** CANTIDAD DE ADITIVO A LA MUESTRA.

**ANEXO E:** MANTENIMIENTO Y REVISIÓN DE LOS VEHÍCULOS.

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo determinar las diferencias mediante un análisis comparativo entre el desempeño existente de una muestra de cuatro vehículos Chevrolet usando combustible de 87 octanos sin aditivos y con aditivos. Para aquello se realizó dos tipos de pruebas, una dinámica y otra estática. Para la primera se planteó una ruta de 16.5Km en condiciones de altitud desde los 2900msnm hasta los 3550msnm. Para la obtención de datos reales de consumo, velocidad y revoluciones durante el ciclo de conducción se usó un escáner ELM 327 y la aplicación “Torque pro”. Mientras que, para la prueba estática mediante un analizador de gases marca KANE se obtuvieron los valores porcentuales de los gases de escape como son CO, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> y HC siendo evaluadas al finalizar cada prueba dinámica. Basado en esto, existió un total de 16 pruebas, 8 sin aditivo y 8 con aditivo, en el cual sus resultados fueron aplicados en el programa estadístico Minitab permitiendo usar métodos como Fisher, el mismo que contó con un factor de confiabilidad del 99%, esto con el interés de conocer las comparaciones entre los dos estados de los vehículos. Entre los resultados se obtuvo una respuesta positiva en cuanto al rendimiento de combustible, por lo que tres de cuatro vehículos mostraron un mayor rendimiento, mientras que en las emisiones de gases de escape no se registró una clara tendencia. En conclusión, se determinó que el efecto es independiente en cada vehículo según su estado, es decir años de vida, cuidados de mantenimientos, entre otros; y que el aditivo sí generó alteraciones en el comportamiento, pero no fue determinante para un rendimiento óptimo. A su vez, se recomendó ser específicos con las condiciones en las que se pondrán a prueba los vehículos para la obtención de resultados más confiables.

**Palabras clave:** <ADITIVOS DE COMBUSTIBLE>, <EMISIONES DE GASES>, <RENDIMIENTO DE COMBUSTIBLE>, <CICLO DE CONDUCCIÓN>, <COMBUSTIBLE EXTRA>.

0821-DBRA-UPT-2022



## SUMMARY

The objective of this research was to determine the differences through a comparative analysis between the existing performance of a sample of four Chevrolet vehicles using eighty seven octane fuel without additives. Two types of tests were carried out for it, one dynamic and the other static. For the first, a 16.5 km route was proposed in altitude conditions from 2,900 meters above sea level to 3,550 meters above sea level. Speed and resolutions during the driving cycle, an ELM 327 scanner and the "Torque Pro" application were used to obtain real data on consumption. While for the static test using a KANE brand gas analyzer, the percentage values of the exhaust gases such as CO, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> and HC were obtained, being evaluated at the end of each dynamic test. Based on this, there was a total of sixteen tests, eight without additive, in which their results were applied in the Minitab statistical program allowing the use of methods such as Fisher, the same one that had a reliability factor of 99%, this with the interest of knowing comparisons between the two states of vehicles. Among the results, a positive response was obtained in terms of fuel efficiency, so that three out of four vehicles showed a higher performance while in exhaust gas emissions there was no clear trend. In conclusion, it was determined that the effect is independent in each vehicle according to its state, it means, years of life, and maintenance care, among others, and that the additive did generate changes in behavior, but it was not decisive for optimal performance. In turn, it was recommended to be specific with the conditions in which the vehicles will be tested in order to obtain more reliable results.

**Keywords:** <FUEL ADDITIVES> < GAS EMISSIONS < FUEL EFFICIENCY> < DRIVING CYCLE> < EXTRA FUEL>.



Lcda. Patricia Pilar Moyota Amaguaya Mgs

C.C. 060361101-3

## **INTRODUCCIÓN**

En el instante que nuestro tanque de combustible se encuentra vacío llegan las interrogantes sobre la situación que se atraviesa. En el Ecuador, se viven tiempos de escasez para la clase económica media y baja; y la elevación del precio de combustible representa un golpe para todos los propietarios quienes no tienen las posibilidades de usar un combustible de mayor calidad como es la Súper de 92 octanos. Para el motor, el aumento de octanos representa la conservación y la entrega de un mejor rendimiento, ya sea en autonomía, en emisiones de gases expulsadas por el escape, torque, potencia, entre otras características; mientras que uno de bajo octanaje recorta la vida del motor y no entrega las prestaciones deseadas. Es ahí donde se cuestiona si el uso de aditivos puede contrarrestar la problemática que se genera partiendo del escaso acceso a un combustible de mejor calidad. Mediante una investigación experimental se reúne una muestra de vehículos Chevrolet segmento B con el fin de evidenciar y presentar un análisis comparativo entre el comportamiento normal sin ningún tipo de mezcla, y el comportamiento frente al uso de aditivos en la mezcla de combustible de 87 octanos comercializadas en las gasolineras del territorio ecuatoriano. Luego de una serie de pruebas en condiciones reales se obtienen resultados que permiten afirmar o negar si el aditivo cumple con satisfacción los beneficios que profesan, en este caso, dos variables de análisis tanto el consumo de combustible en una ruta determinada, y las emisiones de gases de escape que expulsan al final de cada prueba. De esta manera, la investigación proporciona un análisis comparativo entre los dos estados del vehículo reflejando de manera porcentual los resultados.

## **CAPITULO I**

### **1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL**

#### **1.1 Antecedentes**

En los últimos 4 años se llevó a cabo la venta de 338356 vehículos nuevos y modernos en tecnología (Asociación de empresas Automotrices del Ecuador, 2021), entre las diferentes marcas que vienen promocionando motores con características EURO III y IV (Toyocosta, 2020); sin embargo, la situación en el territorio ecuatoriano denota mucha incertidumbre debido a las constantes actualizaciones de los precios de combustible, el amplio marco diferencial en la calidad de sus combustibles y finalmente el efecto que provoca en el motor. La legislación ambiental en el año 2017 aprobó nuevas regulaciones de emisiones referentes a la normativa EURO III, mientras que por otro lado la calidad de los combustibles permaneció y permanece en la sección EURO II debido a sus características (Asociación de empresas Automotrices del Ecuador, 2020). Entre ellas se tiene a la EXTRA o ECOPAIS de 87 octanos y la SÚPER de 92 octanos. Dicho problema no solo implica en el desempeño de los vehículos en carretera, sino que provocan un impacto ambiental indeseado, que obligan a investigadores y científicos a buscar maneras y formas de contrarrestar lo mencionado. Uno de estos estudios realizados en la Politécnica Nacional del Ecuador analiza los dos tipos de gasolinas cuando son mezclados con aditivos, y estudia las nuevas propiedades, mostrando que un aditivo puede mejorar el desempeño y reducir el consumo en un 3% o 4% (Rocha Hoyos & Zambrano Leon, 2015). Por otro lado, un artículo realizado en la ciudad de Quito con respecto a las emisiones en un vehículo Sail 2015 determinaron que los contaminantes de los gases de escape redujeron considerablemente a consecuencia del uso de aditivos (Rojas Llumigusin & Tigse Catota, 2017). Estas investigaciones indicaron que la presencia de aditivos brinda nuevas y mejores características, sin embargo, existen parámetros que se deben considerar entre los dos estados del vehículo (sin y con aditivos) para determinar un análisis más completo.

#### **1.2 Problematización**

La situación política y económica en Ecuador afectó en gran magnitud el área automotriz, siendo así que el uso de la gasolina Extra de 87 octanos es 4 veces mayor que el uso de la gasolina Súper según La Gerencia de Comercialización Nacional EP PETROECUADOR en su informe estadístico 2020, utilizando aún la norma NTE INEN 935:2016 correspondiente a la EURO II. Esta realidad trae consigo algunas consecuencias negativas que atentan el bienestar y desarrollo

de un ambiente automotriz sano. La calidad de la gasolina no solo es un factor para una emisión de gases contaminantes altas, sino que impide el rendimiento óptimo para el cual fue diseñado, acortando la vida útil del motor. Siendo así un problema para los propietarios quienes tendrán que buscar alternativas como el uso de Aditivos.

### ***1.2.1. Efectos económicos.***

La principal causa para que el consumo de la gasolina EXTRA o ECOPAÍS sea 4 veces mayor que la gasolina SÚPER es el tema económico que impactó en gran magnitud a la población desde el primer día de la vigente pandemia. La Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No renovables publica mensualmente los precios de combustibles regulados por el Estado ecuatoriano conforme la metodología establecida en el Decreto Ejecutivo No 1222. Temporalmente, el precio de estos está establecido en un periodo desde el 12 de mayo hasta el 11 de junio. A fecha actual se plantea que la gasolina EXTRA y EXTRA CON ETANOL (ECOPAIS) se comercializa en \$1,820059 mientras que la SÚPER se encuentra en \$2,35383 por galón. Por otro lado, la economía de las familias ecuatorianas ha sufrido una reducción en sus ingresos. Las malas gestiones y los falsos rescates por parte del gobierno han provocado que el porcentaje de personas de clase media económica haya descendido 7,5%, mientras que los sectores de pobreza y extrema pobreza han sufrido consecuencias más preocupantes (Torres, 2021). Por lo tanto, la selección del combustible de calidad va más allá de una decisión voluntaria, sino que empieza a convertirse en una opción inalcanzable para muchos propietarios.

### ***1.2.2. Efectos técnicos del vehículo***

El desarrollo de un motor en función del grado de octanaje puede cambiar, debido al aumento de la compresión en la cámara de combustión, por este motivo se relaciona directamente con el tiempo o kilometraje en el vehículo para su próximo mantenimiento presentado señales de desperfectos en su desarrollo, en otras palabras, este cambio puede afectar o favorecer al tiempo durabilidad del motor.

## **1.3 Justificación**

Identificando que el principal problema se encuentra en el tipo de combustible para alcanzar el desarrollo óptimo o ideal de un vehículo, tal como el autor lo afirma “Las variables de respuesta del motor dependen directamente del combustible utilizado” (Rivera et al., 2017, p.8) ; se plantea la investigación de Análisis comparativo de Rendimiento en función del combustible y emisiones

de gases de cuatro vehículos segmento B entre el carburante sin ser mezclado y luego de ser mezclado con aditivos, para determinar una alternativa confiable en base a los alcances y beneficios que estas sustancias puedan brindar cuando son utilizados en el motor. Teóricamente, los aditivos para gasolina sirven para el control de los depósitos del sistema de combustible, para un óptimo desempeño del motor, para mantenerlo limpio, proteger de la corrosión y promover una combustión más eficiente (Hubenova & Mendez Palacios, 2020). De tal manera que el uso de dichas sustancias pueda resolver las incertidumbres que se presentan a los propietarios y a los intereses ambientalistas. Por lo tanto, la presente investigación busca generar una base de datos en tiempo real de los sensores que permitan determinar la cantidad de combustible utilizada por cada kilómetro recorrido; ordenarlos y resolver junto con los resultados del analizador de gases, la cuestión de cuán beneficioso puede llegar a ser el uso de aditivos en el combustible. De esta manera, en medio de una crisis nacional determinar con conclusiones técnicas una posible solución para el cuidado del vehículo automotriz y paralelamente obtener mejores prestaciones.

## **1.4 Objetivos**

### ***1.4.1. Objetivo General***

Analizar las emisiones de escape y el rendimiento en función del consumo de combustible de cuatro vehículos Segmento B con y sin aditivos en la mezcla de carburante usando un analizador de gases y escáner automotriz en pruebas específicas que expliquen las diferencias que existen entre los dos estados del vehículo.

### ***1.4.2. Objetivos Específicos***

- Elaborar una revisión bibliográfica referente al combustible y características de los aditivos.
- Compilar una base de datos que correspondan a la información de los sensores receptados por el escáner automotriz en una determinada ruta con y sin el uso de aditivos de combustible.
- Evaluar la información producida por el analizador de gases de escape provocadas por los dos estados del vehículo. (con y sin el uso de aditivos en el vehículo).
- Estructurar un análisis comparativo de los resultados obtenidos que permita determinar la variación del rendimiento en función del consumo de combustible en sus dos estados.

## **1.5 Hipótesis**

H1: Existe diferencia en el desempeño de los motores al usar aditivos de combustible en los vehículos de segmentación B.

H0: No existe diferencia en el desempeño de los motores al usar aditivos de combustible en los vehículos de segmentación B.

## **1.6 Estado del arte**

El análisis del estado del arte se ha dividido en tres grupos. El primer grupo contiene información referente a los aditivos, nuevas tecnologías, composición. En un segundo grupo lo forman una serie de estudios sobre las emisiones de gases con el uso de aditivos en motores de combustión interna. Finalmente se agrupa información sobre ciclos de conducción realizados dentro y fuera del país para la obtención de datos.

### ***1.6.1. Aditivos para combustible.***

#### *1.6.1.1. Glicerol como componente del aditivo automotriz*

Un estudio analiza los alcances del glicerol como componente principal de los aditivos automotrices. El glicerol o químicamente llamado 1,2,3-propanotriol nace de procesos de obtención de grasas y aceites, actualmente las principales fuentes en el mundo son las refinerías de biodiésel. Para llegar a convertirse en aditivo pasa por un proceso de conversión. Uno de ellos reacciona con isobuteno, lo cual produce éteres butílicos mono-, di-, y tri terciarios de glicerol. El grupo de monoéteres llegan a ser solubles en disolventes polares, mientras que los di- y triéteres (éteres superiores) son solubles en medios no polares como es el caso de los hidrocarburos. La formación de estos éteres utilizando haluros de alquilo, alquenos y dienos como socios de reacción permite alcanzar propiedades en la calidad de los combustibles. La proporción apropiada de éter de glicerol, alcohol y gasolina, por ejemplo, podrían reducir presión de vapor al nivel deseado y reducir el consumo de combustible (Bradin, Grune & Trivette, 2007; Rahmat,



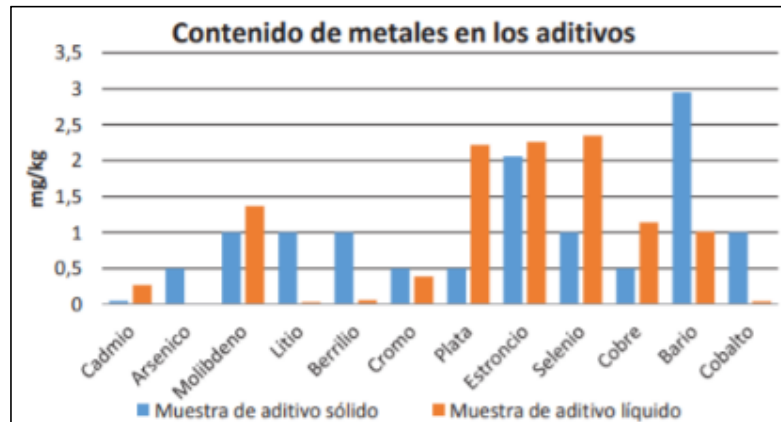
Abdullah & Mohamed, 2010). Además de esas ventajas, la presencia de éter de glicerol en todos tipos de composiciones de combustible como aditivos de combustible podrían ayudar a reducir la temperatura de gel del combustible que conduce a la reducción de la viscosidad. Por otro lado, la presencia de grupos hidroxilo en glicerol parcialmente eterificado también podrían reducir la emisión de NOx, sin embargo queda una brecha para la química de oxidación y deshidratación del glicerol para llegar a estudiar nuevos aspectos y características del glicerol que empieza a saturar los depósitos (Behr et al., 2008).

#### *1.6.1.2. Aditivo oxigenado*

El estudio presenta los efectos de la gasolina con etanol mezclada con aditivos oxigenados en un motor multicilindro de encendido (SI). El experimente tiene dos muestras, la primera mezcla corresponde a etanol puro al 99.9% y gasolina mezclada de ciclopentanol. La segunda mezcla corresponde a etanol puro de 99.9% y gasolina mezclada con ciclooctanol. Las variables para obtener son las emisiones de gases de escape y el rendimiento del motor, usando un dinamómetro, analizador de combustión y un analizador de gases. Finalmente, se plantean como resultados que la mezcla de etano y aditivos oxigenados provocan un mejor rendimiento y reducen las emisiones de escape. La mezcla de etanol aditivo reduce en gran parte las emisiones de CO, CO<sub>2</sub> y NOx; sin embargo, aumentó HC y O<sub>2</sub> en gran cantidad. Otro resultado fue que la mezcla de 69.5% trabaja con normalidad, sin embargo, sin aditivos el rendimiento baja hasta el 40% produciendo una combustión anormal (Srinivasan & Saravanan, 2010).

#### *1.6.1.3. Contenido de metales en los aditivos.*

Los aditivos son productos químicos que agregados a un producto mejora sus propiedades, en caso del combustible los fabricantes añaden pequeñas cantidades en su elaboración para cambiar mejorar las características del mismo (Rocha Hoyos & Zambrano Leon, 2015). Mediante el método de inducción de plasma acoplada de masas se determina la cantidad de metales químicos que posee un aditivo. Como muestra el Gráfico 1-1 se puede observar que las barras de color azul muestran el aditivo sólido mientras que las barras anaranjadas muestran los aditivos líquidos. Además se observa los primeros grupos de metales que no sobrepasan los 3 mg/kg(Rocha Hoyos & Zambrano Leon, 2015).



**Gráfico 1-1:** Metales de contiene un aditivo

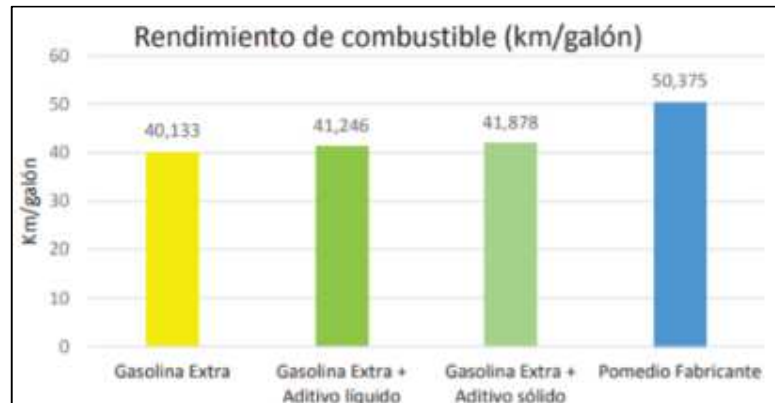
Fuente: Rocha Hoyos & Zambrano Leon, 2015.

#### 1.6.1.4. Aditivo sólidos y líquidos

Los aditivos sólidos son un revolucionario invento ya que reduce las emisiones contaminantes y aumenta la economía del combustible, se lo puede hallar en forma de pastilla. En la cámara de combustión los ingredientes activos actúan como un catalítico superficial esto debido a que forma una capa muy delgada. Para poder usar este aditivo sólido basta solo con dejarlo en el tanque de combustible (Encalada Cajisaca & Ñauta Uzha, 2010).

El aditivo líquido está compuesto de calcio y fosforo, debido a estos elementos químicos disminuye la contaminación ambiental y aumenta su rendimiento del motor. Un aditivo líquido reduce la concentración de hidrocarburos no quemados y aumenta el dióxido de carbono no perjudicial para la salud humana (Rocha-Hoyos et al., 2018).

Para determinar los efectos que ambos aditivos proporcionaban al motor se realizaron una prueba mediante ciclos de conducción en una determinada ruta. Como se puede observar en el Gráfico 2-1 el rendimiento de combustible varía entre los rangos de 40.13 hasta 41.87 km/gal. Los valores van amentando a medida que se utilice aditivos indicando que el que tiene mayor rendimiento en el motor es cuando se usa aditivos sólidos. Cuando se realizó el análisis de datos de emisiones contaminantes determinaron que no existe una incidencia mayor en el motor ya que las pruebas realizadas bajo la Norma NTE INEN 2204:00 se observó que los valores de HC, CO<sub>2</sub> y CO se mantenían por debajo de las normativa con la relación estequiometria alrededor de 1, mientras que los Hidrocarburos no combustionados se reduce cuando se usa aditivos (Rocha Hoyos & Zambrano Leon, 2015).



**Gráfico 2-1:** Rendimiento de gasolina Extra.

**Fuente:** Rocha Hoyos & Zambrano Leon, 2015.

Cuando se usa aditivos existe una disminución de consumo en línea basa respecto a la gasolina extra y mediante las pruebas realizadas establece que cuando se trabaja con gasolina extra más aditivo líquido se reduce un 3 % en función del consumo, mientras que cuando se trabaja gasolina extra más aditivo sólido se reduce un 4 % del consumo en función del combustible (Rocha Hoyos & Zambrano Leon, 2015).

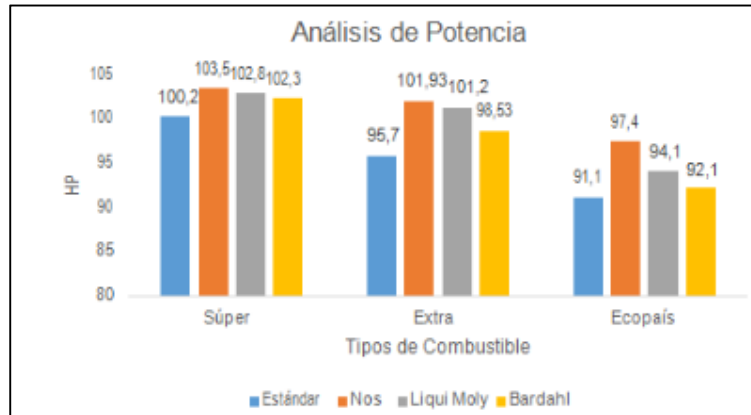
#### *1.6.1.5. Aditivo antioxidante*

La inclinación del estudio es hacia el uso de biocombustibles y emulsiones para la alimentación de motores CI para lograr reducir las emisiones nocivas de óxido de nitrógeno, monóxido de carbono, hidrocarburo y el humo del motor. La emulsión utilizada es llamada BFO que fue preparada añadiendo un 5% de agua, 2% de tensioactivo span80 y la mezcla con el antioxidante ácido L-ascórbico para eliminar los radicales de nitrógeno. El análisis se lo realiza a un solo cilindro para poder determinar que la emulsión logra una mayor eficiencia del motor, tasa de liberación de calor, presión máxima, mejor taza de atomización y un mejor consumo de energía (Ramalingam, 2018).

#### *1.6.1.6. Aditivos comerciales*

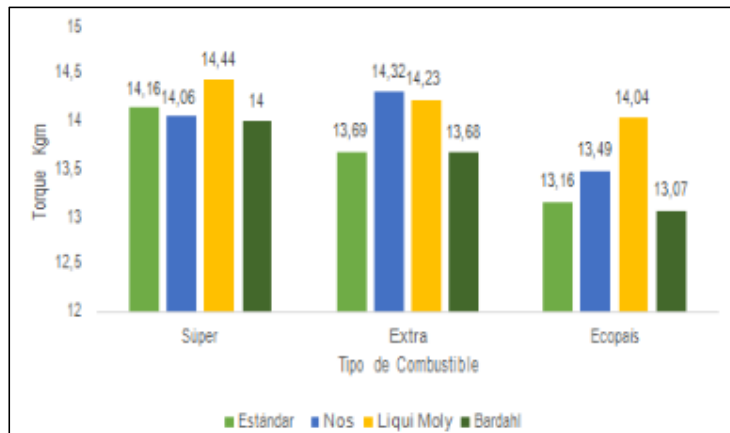
Los aditivos que más se comercializan en la región ecuatoriana deben ser estudiados y experimentados para obtener información que permita determinar el impacto que tienen en el motor a 2800 m de altura. En la ciudad de Quito se ha seleccionado tres muestras de aditivos (Nos, Liqui Moly y Bardahl) mezclados en los diferentes combustibles que circulan en el país como es la Súper, Extra y Ecopaís. Las pruebas se realizarán sobre un dinamómetro MOTORROLL del cual se obtienen curvas de los parámetros del motor como torque y potencia.

Estos datos representados en el Gráfico 3-1 y el Gráfico 4-1 muestran una tendencia ascendente, ya que las variables de estudio muestran un aumento, en especial Líquido Moly para el análisis de torque y Nos para la variable de potencia (Cruz, 2020).



**Gráfico 3-1:** Análisis de potencia.

**Fuente:** Cruz, 2020



**Gráfico 4-1:** Resultados de torque.

**Fuente:** Cruz, 2020

## 1.6.2. Efectos de los aditivos

### 1.6.2.1. Gasolina con aditivo de combustible MMT.

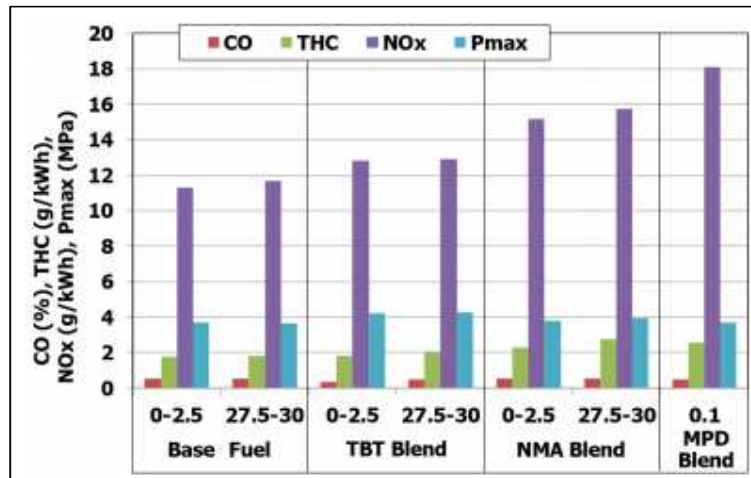
La actual composición metilciclopentadienil manganeso tricarbonilo (MMT) como aditivo para gasolina es el objetivo de estudio que propone determinar el cambio que representa al usarse en una gasolina de muy mala calidad sobre un motor de combustión interna. Esto representa principalmente a las emisiones de gases y conseguir una combustión más completa. Al finalizar

las pruebas, se obtuvo que la presión del cilindro aumenta con el contenido de MMT, por otro lado, también aumenta la liberación de calor y el encendido se retrasa ligeramente. En cuanto a emisiones, los Hidrocarburos disminuyen significativamente mientras que las emisiones de CO y NOx aumentan conforme aumente el contenido de MMT (Geng & Zhang, 2015).

#### *1.6.2.2. Efecto de los aditivos de combustible de alto punto de ebullición en un motor a gasolina.*

Los efectos que proporcionan los aditivos de combustible de alto punto de ebullición sobre un motor de inyección directa turboalimentada son investigados tomando diferentes muestras de aditivos como son el TBT un hidrocarburo aromático C11, NMA sustancia polar con un anillo de benceno y grupo amino, finalmente el MPD que tiene dos grupos amino polares. Previamente se planteó que la concentración de aromáticos y combustibles que contienen componentes de alto punto de ebullición resultan perjudiciales para el proceso que se realiza dentro de la cámara de combustión debido a la formación de cuerpos porosos que se originan por líquidos de alta viscosidad creados por las temperaturas entre las superficies metálicas y los gases de combustión (Cheng, 2000; Nagano et al., 2017). En el presente estudio las mencionadas sustancias presentan puntos de ebullición de entre 190° C y 196 ° C, la mezcla se la realiza con un 90% gasolina premium de Toyota y 10% en un periodo de 30 horas equivalente a doce ciclos de 2.5h y a una velocidad de 1600 rpm, para obtener información sobre el comportamiento de estas mezclas dentro de la cámara de combustión.

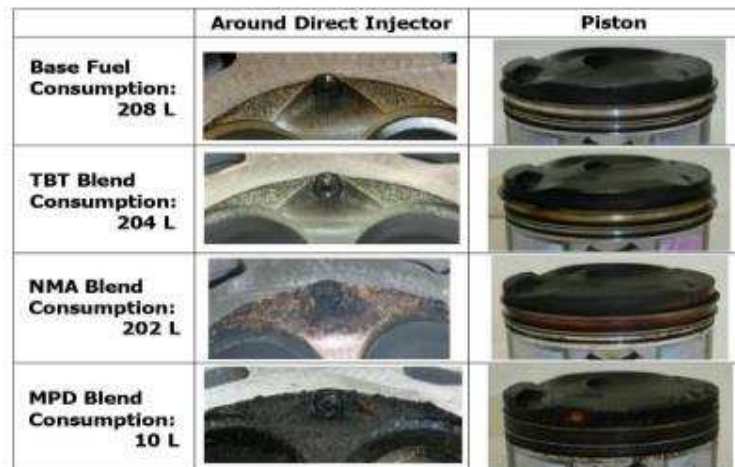
En el Gráfico 5-1 compara las características de las emisiones y el máximo presiones de combustión (Pmax) con cada combustible debajo del depósito condiciones de funcionamiento de la formación. NOx aumentó debido a la generación de NOx en los combustibles que contienen nitrógeno. Sin cambios importantes en la producción de CO entre los combustibles. Con el tiempo, los cambios en NOx y El THC se hizo más grande, lo que se cree que se debe a los efectos del aumento de los depósitos.



**Gráfico 5-1:** Comparativa entre distintos aditivos.

Fuente: Nagano et al., 2017.

Finalmente, en el Gráfico 6-1 se observa en orden el producto de depósito que las sustancias provocaron en el motor.



**Gráfico 6-1:** Residuos de aditivos luego de 200L de combustible utilizado.

Fuente: Nagano et al., 2017.

Por consiguiente, se determina que la presencia de sustancias que beneficjen el punto de ebullición, el octanaje, y funcionan como aromatizantes y detergentes, pero pueden llegar a provocar depósitos residuales en el pistón. En este caso el uso de 200Lt fueron suficientes para apreciar visualmente los resultados (Nagano et al., 2017).

### 1.6.2.3. Efectos debido a una alta concentración de MTBE en pruebas de ruta.

El continuo avance químico y tecnológico de los aditivos impulsa que se ejecuten pruebas experimentales que permitan determinar los efectos. El estudio en México realiza el experimento sobre un motor por encendido provocado controlado electrónica y acoplado a un dinamómetro. Múltiples sistemas son testeados para controlar que la prueba se la realice satisfactoriamente, incluso la temperatura, presión, humedad son controlados. La prueba consiste en analizar tres mezclas de 25%, 35% y 50% de MTBE. En primer lugar, la mezcla 1 comparado con los resultados de la gasolina comercial regular presenta una dispersión menor y una evolución de la presión instantánea con respecto al ángulo del cigüeñal, sin presentar problemas en el encendido. Mientras que las mezclas 2 y 3 muestran una leve disminución en la economía y un crecimiento en las emisiones NOx (Schifter, González & Díaz, 2017).

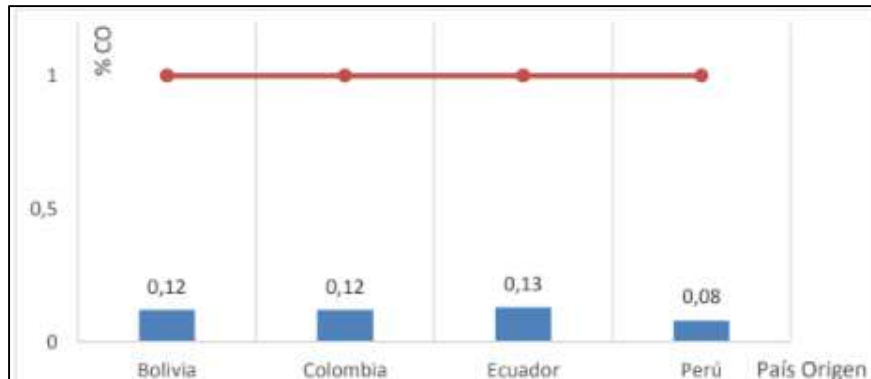
### ***1.6.3. Normativa NTE INEN 2203:00***

#### *1.6.3.1. Pruebas realizadas aplicando la Normativa 2203*

La contaminación producida por los automotores es una problemática en todo el mundo, ya que producen cambios climáticos, lluvias ácidas y enfermedades que afecta al ser humano. Para delimitar la problemática se deben realizar pruebas estáticas en la cual indiquen los valores de emisiones de gases contaminantes. Para las pruebas estáticas se basa en la norma NTE INEN 2203:000 que se trabaja a condiciones delimitantes como ralentí. En la ciudad de Quito a 2800 metros sobre el nivel del mar se tomaron datos de emisiones gaseosas en un vehículo clase turismo Chevrolet Sail, el vehículo más comercializado en el Ecuador. El método de ensayo para la prueba de ralentí mediante la Norma NTE INEN 2203, establece que el vehículo a prueba debe tener una temperatura de aceite de 94 °C y 820 RPM, el proceso de ensayo se repite en tres pruebas para obtener la medición de valores promedios. Para las pruebas estáticas el analizador de gases corresponde a la marca alemana MAHA modelo MTG 5, que mide parcialmente Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), Monóxido de carbono (CO), Oxígeno (O<sub>2</sub>), hidrocarburos (HC), el calculador de valor lambda certificado y calibrado con la norma vigente. Para que los datos no varíen y no

cambien en función del recorrido el convertidor catalítico de vehículo Chevrolet Sail es nuevo (Antamba Guasgua, Reyes Campaña & Granja Paredes, 2016).

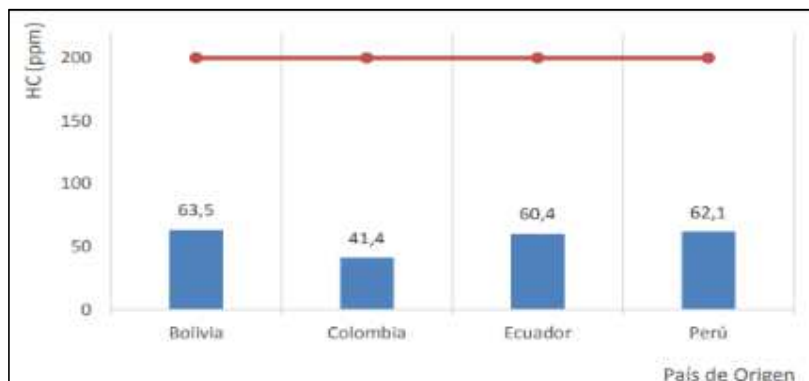
Los combustibles para estas pruebas fueron obtenidos de: Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú. En el Gráfico 7-1, en donde un 0.12% de volumen de CO corresponde a los combustibles de Bolivia y Colombia, un 0.13 % de volumen CO a Ecuador y un 0.08 % de volumen de CO corresponde a Perú y la línea roja indica el límite permisible del combustible (Antamba Guasgua, Reyes Campaña & Granja Paredes, 2016).



**Gráfico 7-1:** Prueba a ralentí (Emisiones de CO).

**Fuente:** Antamba Guasgua, Reyes Campaña & Granja Paredes, 2016.

El Gráfico 8-1 muestra el número de hidrocarburos no combustionados Bolivia con un 63,5 % ppm, mientras que para Colombia decrece en un 41,4 % ppm, en Ecuador los hidrocarburos no combustionados aumentan a un 60,4% ppm y para Perú emite un 62,1% de ppm cumpliendo con la norma INEN siendo 200 ppm de hidrocarburos el máximo permitido (Antamba Guasgua, Reyes Campaña & Granja Paredes, 2016).



**Gráfico 8-1:** Prueba a ralentí (Emisiones de HC).

**Fuente:** Antamba Guasgua, Reyes Campaña & Granja Paredes, 2016.



### 1.6.3.2. La importancia de usar la Normativa NTE INEN 2203:00.

Un artículo de investigación presenta un estudio sobre calidad de aire siguiendo la normativa NTE INEN 2203 en su investigación, y asegura que existe falencias al aplicar esta normativa ya que en los centros CRV en Carapungo y en el Inca, 20 técnicos evaluados omiten por lo menos un paso dentro de proceso y tan solo 4 técnicos cumplen y realizan los pasos determinados (Contreras, 2020).

Se observa en el Gráfico 9-1 cuando se trata de cumplir la normativa 2203 en el CRV de Carapungo los técnicos cumplen con el 30 % y en CVR del Inca los técnicos solo cumplen con el 50 % de los pasos, omitiendo pasos que podrían alterar los datos de medición(Contreras, 2020).

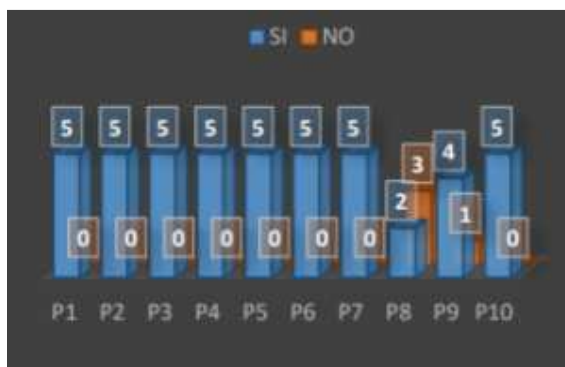


**Gráfico 9-1:** Pasos INEN 2349 en CRV de Carapungo.

**Fuente:** Contreras, 2020.

### 1.6.4. Normativa NTE INEN 2 349:2003

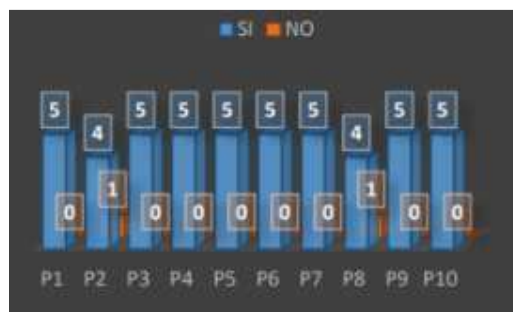
Esta norma establece que se debe inspeccionar y seguir una serie de pasos para la revisión técnica vehicular obligatoria (INEN, 2006). El investigador González, J, (2014) afirma que al momento de realizar las pruebas se debe contar con una protección en contra de alteraciones voluntarias o involuntarias (González, 2014). Además, es importante seguir los pasos que tiene la normativa NTE INEN 2349, según los autores Contreras, J, (2020) en su estudio sobre la aplicación de la normativa INEN 2349 en los centros de revisión vehicular en la ciudad de Quito afirma “Según la investigación en los centros de revisión al menos 20 técnicos dentro de CRV Carapungo 20 técnicos no cumplen u omiten algún paso de la norma NTE INEN 2349”. En los resultados obtenidos a los técnicos se obtuvo lo siguiente datos. Se observa en el Gráfico 10-1 el paso 8 existe 3 personas que se saltan este paso el cual habla acerca de la comprobación de desgaste de los neumáticos. El saltar los pasos produce que los resultados puedan alterarse y las emisiones de gases contaminantes al medio ambiente aumente (Contreras, 2020).



**Gráfico 10-1:** Pasos en la CRV de Carapungo INEN 2349.

**Fuente:** Contreras, 2020.

En el Gráfico 11-1. indica los pasos que hay que cumplir para la medición de gases según la normativa INEN 2349 indicando que en el CRV El Inca los técnicos cumple en su mayoría los pasos apegados a la normativa, solo excepción de una persona que no cumple con el paso número 2 que es “inspección visual “. Por lo cual realizar los pasos o procesos permitirán mejorar la obtención de datos y mejorar el control de calidad al momento de realizar la obtención de datos de emisión de gases contaminantes (Contreras, 2020).



**Gráfico 11-1:** Pasos en CRV El Inca INEN 2349.

**Fuente:** (Contreras, 2020).

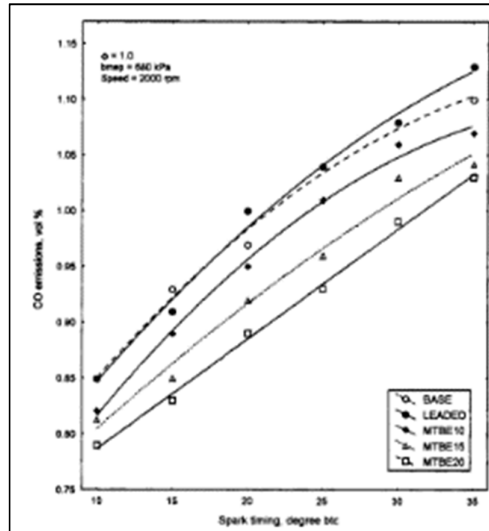
## 1.6.5. Emisiones de gases contaminantes

### 1.6.5.1. Aditivo MTBE con gasolina

El uso de aditivos que contengan plomo en su composición mejora la calidad auto-detonante, sin embargo, provocan emisiones de plomo tóxicos. Con el avance tecnológico y las nuevas normas ambientales reguladoras se buscan aditivos con compuestos oxigenados como MTBE (metil terc butil éter, C<sub>4</sub>H<sub>9</sub>-O-CH<sub>3</sub>) y que los combustibles estén estructurados de niveles bajos de plomo (Al-Farayedhi, Al-Dawood & Gandhidasan, 2000). Para determinar los beneficios, el aditivo MTBE es mezclado con un combustible base sin plomo en un 10, 15 y 20% con respecto a su

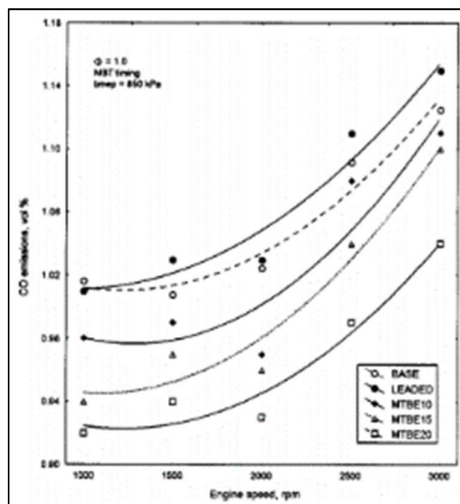
volumen. Dicho estudio es realizado mediante un dinamómetro con una carga específica de 340 kPa y 850kPa. Los resultados se comparan entre los del combustible base, combustible con plomo, y las mezclas con diferente porcentaje de concentración.

En el Gráfico 12-1. y el Gráfico 13-1.se evidencia que la variable de porcentaje de CO aumenta linealmente conforme se van elevando las RPM, sin embargo, el combustible con mayor concentración de MTBE es la que proporciona un % reducido con respecto a la proyección del combustible base.



**Gráfico 12-1:** Emisión de CO vs RPM a carga de 340 KPa.

Fuente: Al-Farayedhi, Al-Dawood & Gandhidasan, 2000



**Gráfico 13-1:** Emisión de CO vs RPM a una carga de 850 KPa.

Fuente: Al-Farayedhi, Al-Dawood & Gandhidasan, 2000

Los resultados también evidenciaron el efecto que tiene la variación de las RPM sobre las emisiones NO<sub>x</sub>, donde resulta que la mezcla provoca un aumento insignificante. Sucede similar con las emisiones NO<sub>x</sub> frente a la variación de cargas, en la cual explica de igual forma un aumento insignificante en ppm en los contenidos comparados con el combustible base.

Por lo tanto, el estudio concluye que los aditivos MTBE provocan una mayor eficacia en la combustión provocando una disminución significativa en la concentración de CO específicamente y existen mejores resultados al momento de utilizar una mezcla con mayor porcentaje de aditivos, en este caso 20% MTBE 80% gasolina (Al-Farayedhi, Al-Dawood & Gandhidasan, 2000). Sin embargo, el MTBE aumenta la emisión del compuesto hidrocarburo llamado formaldehído que resulta ser tóxico, alergénico y cancerígeno (Rahmat, Abdullah & Mohamed, 2010).

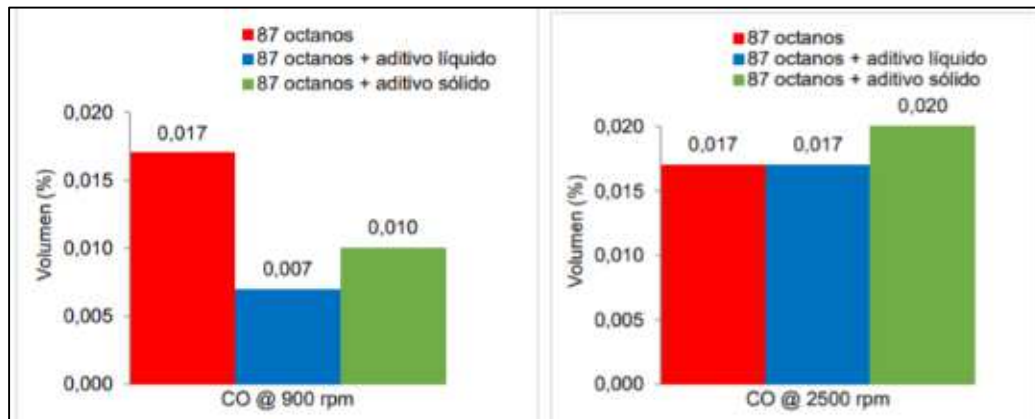
#### *1.6.5.2. Emisiones de gases contaminantes del vehículo usando gasolina de 87 octanos.*

Los inventarios locales e internacionales de emisiones de óxido de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), monóxido de carbono (CO) e hidrocarburo (HC) contribuyente de las emisiones vehiculares tienen un gran impacto en la salud pública debido a su alto grado contaminante. La dispersión de contaminantes por aire afecta negativamente la salud de las personas y cambia negativamente la calidad del aire (Rojano et al., 2016).

Los factores de emisiones vehiculares se basan en experimentos dinamométricos siguiendo un ciclo de conducción, estas pruebas y experimentos permiten que exista varios estudios en función de sus condiciones experimentales: Tipos de vehículos (Pesados y ligeros), combustible del vehículo (diésel y gasolina), características (edad, marca, kilometraje, etc) entre otros. Esto permitió que exista una amplia gama de factores para emisiones contaminante provocada por los vehículos y su dependencia operacional a la que se encuentra (Park et al., 2011).

Al usar aditivos en el combustible extra de 87 octanos aumenta el rendimiento del motor y disminuye los hidrocarburos no quemados. Analizar el comportamiento de un vehículo en función de sus condiciones es muy valioso por esa razón el vehículo Volkswagen 1,8 L se sometió a cinco pruebas para determinar las emisiones de gases y la autonomía del vehículo en condiciones estáticas. Las pruebas TIS evalúa las condiciones estáticas del vehículo con 2500 rpm sin usar el selector de marcha, esta prueba fue realizada en la ciudad de Quito a 2850m de altura, temperatura de 15°C, presión atmosférica de 75852 Pa y un viento de 16 km/h (Rocha-Hoyos et al., 2018).

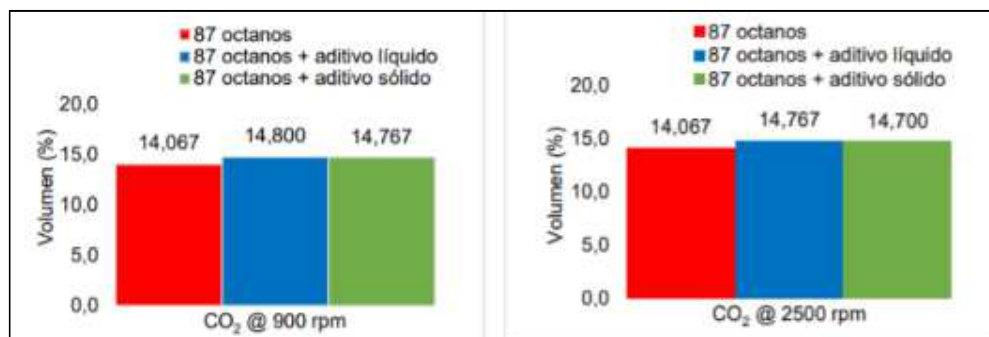
El monóxido de carbono (CO) se forma cuando en su cámara de combustión no existe suficiente aire incumpliendo con la relación aire-combustible (Schifter et al., 2011). En el Gráfico 14-1 se nota los resultados de las concentraciones de CO para las pruebas estáticas con valores de 900 rpm y 2500 rpm usando aditivos líquidos y sólidos. El aditivo sólido produce una reducción de CO con respecto a la gasolina Extra del % pero a 2500 rpm aumenta en un 17%, el aditivo líquido reduce las emisiones de CO en un 59 % con respecto a la línea base, pero a 2500rpm los aditivos se comportan de manera similar a la línea base (Rocha-Hoyos et al., 2018).



**Gráfico 14-1:** Resultado de CO de las muestras a 900 rpm y a 2500rpm.

Fuente: Rocha-Hoyos et al., 2018,

Las emisiones de CO<sub>2</sub> se considera como la energía emitida del motor a través del tubo de escape en donde el motor mediante su funcionamiento y con contenido de carbono da resultado a los CO<sub>2</sub> (Schifter et al., 2011). En el Gráfico 15-1. muestra las emisiones de CO<sub>2</sub> a valor de ralentí de 900rpm indicando el volumen en % en el eje vertical, cuando se le añade aditivo líquido al combustibles este sobrepasa la línea base llegando a 14,80 % de CO<sub>2</sub>, al igual que a 2500 rpm, sobrepasa la línea base en un rango de 14,067% y 14.767 % (Rocha-Hoyos et al., 2018).

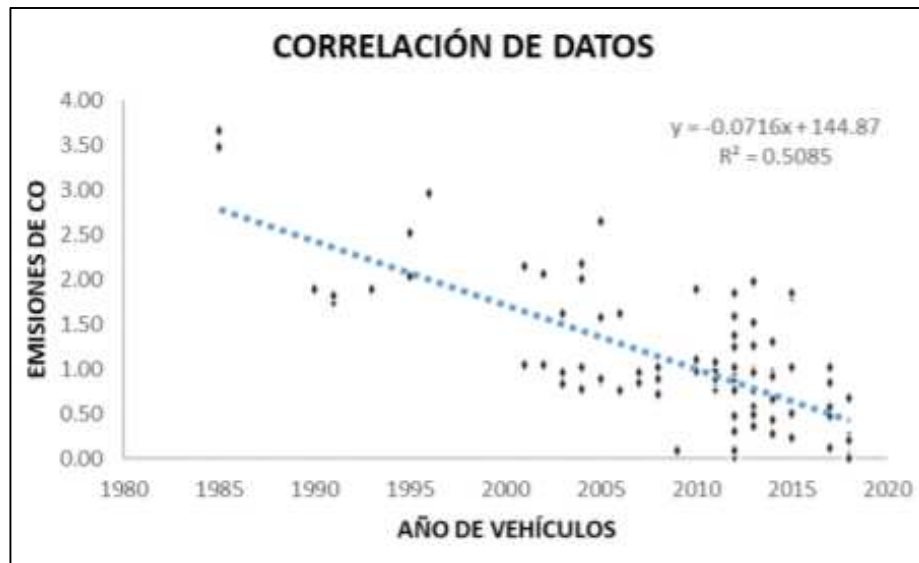


**Gráfico 15-1:** Resultado de CO<sub>2</sub> en las muestras a 900 rpm y a 2500 rpm.

Fuente: Rocha-Hoyos et al., 2018,

### 1.6.5.3. Correlación año del vehículo vs CO

En la actualidad se presentan emisiones contaminantes que causan graves problemas a la salud principalmente problemas respiratorios desmejorando la calidad de vida y aumenta el costo en salud. Las empresas automotoras crean vehículos que disminuyan las emisiones de gases y prolongue la vida del ser humano es decir mientras más actual es el vehículo menos contaminación produce (García Mariaca, Cendales Ladino & Eslava Sarmiento, 2016). En el Gráfico 16-1. se puede notar unos puntos en forma de pendiente negativa esto significa la comparación de varios vehículos según el año de fabricación emitiendo menos CO en los vehículos actuales (Pérez, 2018).

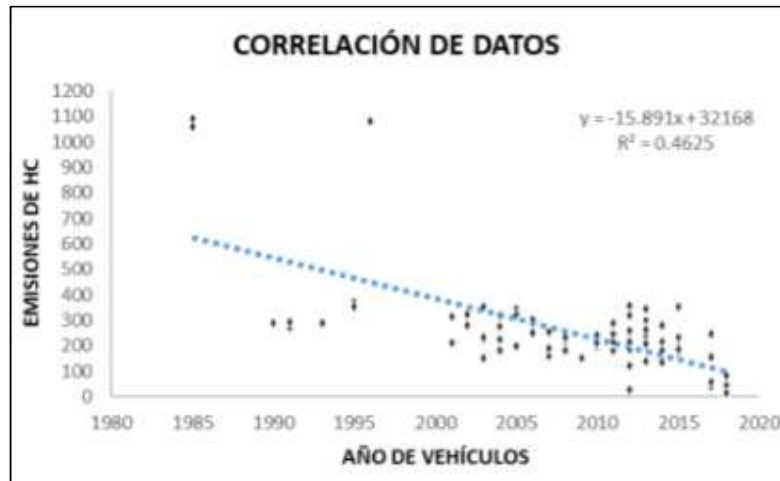


**Gráfico 16-1:** Correlación de las emisiones CO vs año del vehículo.

**Fuente:** Pérez, 2018

### 1.6.5.4. Correlación año del vehículo vs HC

Cuando no existe una buena relación de aire-combustible aparecen los hidrocarburos (HC) que son provocados por las siguientes causas: cuando en la cámara de combustión no existe una buena compresión, en la superficie de la cámara de combustión se apaga la llama o existen depósitos en las paredes de la cámara (Rocha-Hoyos et al., 2018). En el Gráfico 17-1 se puede notar una línea de tendencia negativa, es decir los vehículos inferiores al año 2000 su emisiones de hidrocarburos no quemados está por encima de los 400 mientras que vehículos posteriores sus emisiones de hidrocarburos no quemados disminuye (Pérez, 2018).



**Gráfico 17-1:** Correlación de emisiones HC vs años de vehículos

Fuente: Pérez, 2018

### 1.6.6. Medición de consumo de combustible

#### 1.6.6.1. Análisis Estadístico mediante Scanner

Los datos de porcentaje en litros/ kilómetros de un vehículo se lo puede extraer por medio de un scanner automotriz y encontrar la velocidad y la aceleración se lo puede realizar por medio de un GPS además de determinar la distancia y el tiempo recorrido. Los datos obtenidos deben ser recopilados en un proceso de análisis estadísticos para que sean confiables y validados por tal motivo es necesario realizar una serie de pruebas las cuales contengan las mismas condiciones de operación. Para realizar un análisis estadístico se puede usar ecuaciones matemáticas que determinan las varianzas, media aritmética y desviación estándar (Riu, 2015).

Desviación Estándar

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - X)^2}{N}} \quad \text{Ec. 1 - 1}$$

Varianza

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - X)^2}{N} \quad \text{Ec. 1 - 2}$$

Media aritmética

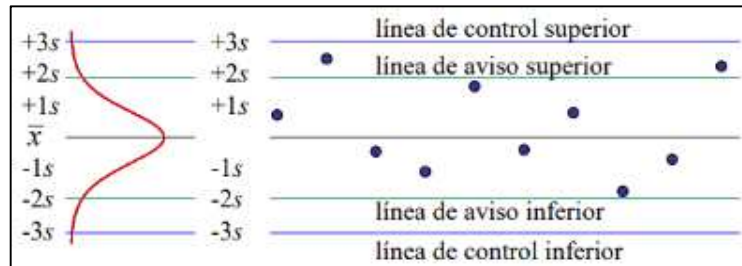
$$x = \frac{\sum_{i=1}^n Xi}{N} \quad \text{Ec. 1 - 3}$$

Control de Shewgart

La finalidad del control de Shewgart es informar a los investigadores que los datos cumplan un proceso controlado de forma estadística.

$$LS = x + \frac{3\sigma}{\sqrt{n}} \quad \text{Ec. 1 - 4}$$

$$LI = x - \frac{3\sigma}{\sqrt{n}} \quad \text{Ec. 1 - 5}$$



**Gráfico 18-1:** Distribución y control de la muestra.

Fuente: Riu, 2015

### 1.6.7. Octanaje de combustible

#### 1.6.7.1. Octanaje de combustible extra con aditivo sólido y líquido

Mediante pruebas realizadas con un aditivo sólido y un aditivo líquido se pudo determinar con que dicha sustancia el motor tiene mayor rendimiento bajo la norma INEN 935:2012 en la que se utilizó un galón de gasolina extra con una cantidad de 0.05 gramos de aditivo sólido en pastilla de la marca Fuel Freedom International. Mientras que para cada galón de combustible extra se utilizó 12 milímetros de aditivo líquido. Las pruebas que se realizaron se lo hicieron en un dinamómetro de rodillos de la marca Maschinenbau Haldenwang, además las pruebas se realizaron a una altura de 2850 metros a nivel del mar con 72852 Pascales de presión atmosférica. Mediante las pruebas se obtuvieron los siguientes números de octanajes de la gasolina extra más aditivo.



**Tabla 1-1:** Datos del número de octanos

Propiedades del combustible	Norma NTE INEN 935:2012	Gasolina extra	Gasolina Extra aditivo sólido	Gasolina extra aditivo liquido
Número de octanos	84	88.3	88.4	89.7

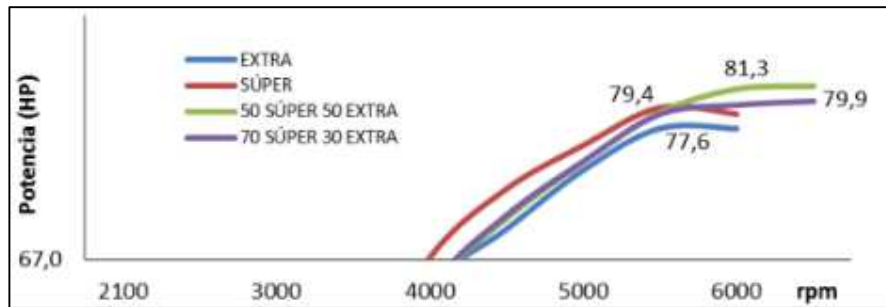
Fuente: Rocha Hoyos et al., 2017

*1.6.7.2. Octanaje de combustible extra y súper*

En Ecuador existen diferentes tipos de combustible pero esto varía en función de su octanaje como la Extra (87 octanos) y el combustible Súper (93 octanos), no obstante, también existe un tipo de combustible conocido como biocombustible en base se combustible extra y con un 5% de bioetanol que está hecha con caña de azúcar, conocida en el país como EcoPaís (Llanes et al., 2018).

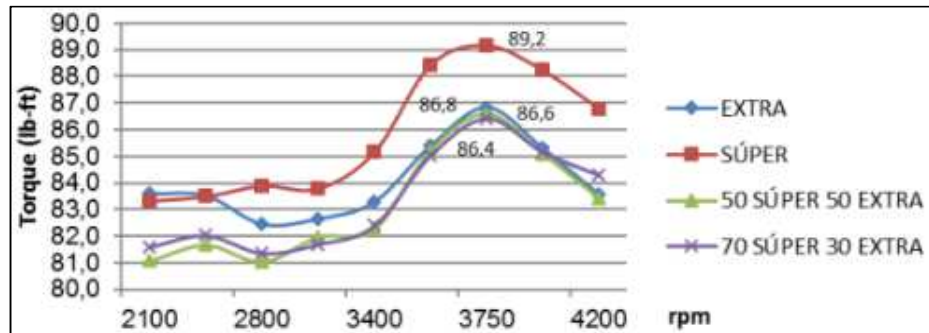
Los autores (Guzmán et al., 2018) en su estudio sobre el rendimiento dinámico de un motor ciclo Otto utilizando gasolina extra y súper con la ruta homologada que se utilizó de 18 Km en un tiempo aproximado de 45 min comprendidos entre la Av. Interoceánica y hasta la Av. 12 de octubre se demuestra un cuadro comparativo de la potencia que tiene cuando un vehículo utiliza gasolina extra sin aditivos.

En el Gráfico 19-1 y el Gráfico 20-1 se observa la curva de potencia vs Rpm y torque vs Rpm obtenidas en un dinamómetro con la gasolina extra se puede generar un potencia menor con 77.6 HP comparado con la súper que su punto más alto es de 79.4 Hp, mientras que en el torque con la gasolina extra se obtiene un torque de 86.6 lb-ft y con la súper genera un torque de 89.2 lb-ft (Guzmán et al., 2018).



**Gráfico 19-1:** Cuadro de potencia máxima de un motor segmento B.

Fuente: Guzmán et al., 2018



**Gráfico 20-1:** Cuadro de torque máximo de un segmento B.

Fuente: Guzmán et al., 2018

### 1.6.8. Ciclo de Conducción

Un ciclo de conducción automotriz se basa en la toma de datos de un vehículo en cuestión de su velocidad y tiempo, en una ruta en pista o carretera establecida con la finalidad de extraer suficiente información para un posterior estudio de consumo de combustible o emisión de gases (Restrepo Victoria, Carranza Sánchez & Tibaquirá Giraldo, 2007).

Para algunos autores el ciclo de conducción se utiliza para representar los patrones de conducción y las características de manejo de los conductores en una distancia determinada. El punto específico que buscan las empresas o fabricas es mejorar el diseño del tren motriz de vehículo para esto se basan en los ciclos de conducción que representan las cargas al motor

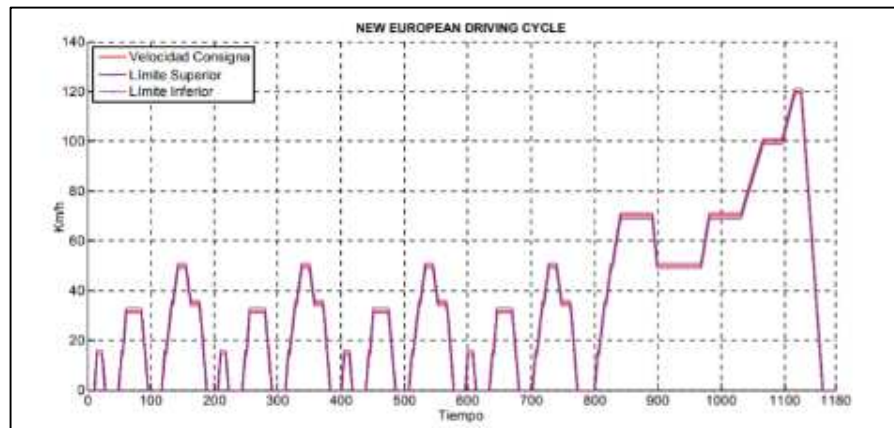
#### 1.6.8.1. Importancia de conducción en la ciudad de Riobamba.

Para determinar las emisiones de gases en la ciudad de Riobamba se realizan pruebas dinámicas en una distancia determinada Km para luego realizar el análisis de gases del vehículo. Mediante las pruebas dinámicas se encuentran los factores de gases de escape en el automotor de manera confiables y exactas. Las informaciones determinadas de los estudios serán de gran ayuda para las personas encargadas del control ambiental, ya que son los encargados de tomar correctivos para mejorar la calidad del medio ambiente en la ciudad de Riobamba.

#### 1.6.8.2. Ciclo NEDC

Para medir las emisiones de gases reales y el consumo específico de combustible se han creado y desarrollado pruebas dinámicas de homologación y dentro de sus procesos se han utilizado los

ciclos de conducción NEDC, los cuales son una herramienta que permiten cuantificar la información determinar la eficiencia y rendimiento del motor del vehículo, así siendo la unión europea pionera en materia de transporte en utilizar estos métodos de prueba (Fillat, 2018). En el Gráfico 21-1 muestra el ciclo de conducción europeo NEDC en relación velocidad-tiempo, el cual tiene una duración de 1180 segundos alrededor de 20 minutos y el cual sirve como velocidad consigna para el controlador PID (Moscardó & Melgar, 2015)



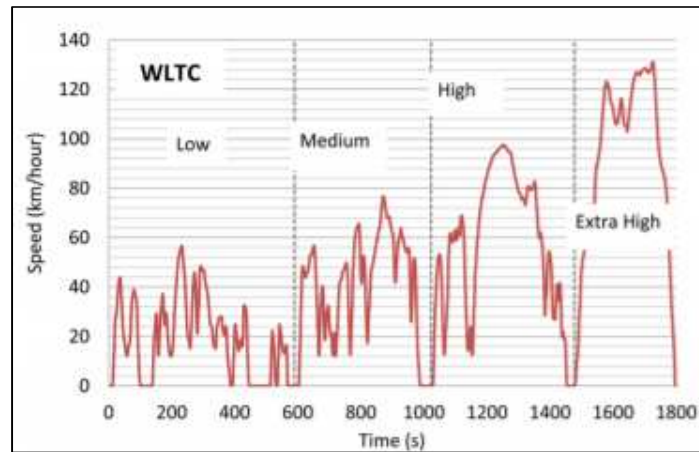
**Gráfico 21-1:** Ciclo Europeo NEDC

**Fuente:** Moscardó & Melgar, 2015

### 1.6.8.3. Ciclo WLTP

El ciclo WLTP es transitorio ya que representa la mayor precisión en condiciones reales de operación de los automotores y a partir del proceso obtener los resultados de consumo específico y las emisiones de gases que se puedan producir. Existen cuatro subciclos que se realizan las pruebas dinámicas de conducción: Low Speed, Mid Speed, High Speed, Extra High Speed que determinan los valores promedio de la velocidad, el consumo de combustible y las emisiones de gases con más exactitud en un 2 a 5 % aproximadamente en comparación al antiguo ciclo de NED (Leister, 2020). En el Gráfico 22-1 muestras 4 subpartes diferentes en un tiempo de 1800 segundos obtenido como velocidades baja hasta los 56,5 km/h, media hasta los 76,6 km/h, alto

hasta los 97.4 km/h y entra alto hasta 131,3 km/h en una distancia de 23,25 kilómetro, alcanzando una rapidez máxima de 131 km/h y una rapidez media de 46.5 k m/h (Juárez, 2019).

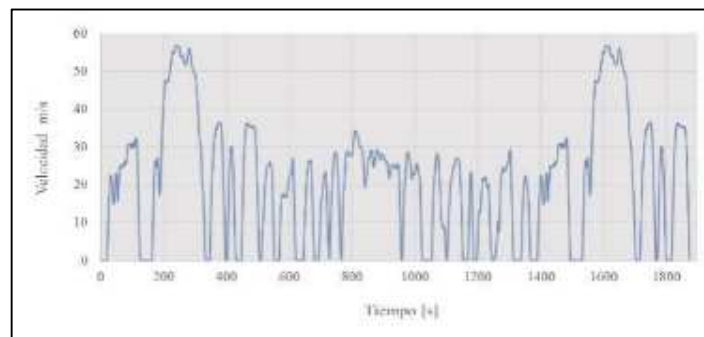


**Gráfico 22-1:** Ciclo WLTP.

Fuente: Martínez, 2017

#### 1.6.8.4. Ciclo FTP-75

El ciclo FTP 75 representan condiciones de conducción urbana y sirve para medir la economía de combustible de los automotores además de las emisiones producidas por el mismo. El ciclo FTP-75 determina los datos de emisiones de forma cuantitativa mediante los ensayos realizados basándose en el reglamento instituido por la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los Estados Unidos., (Gonçalves, 2010). En el Grafico 23-1 describe las principales características de este ciclo como: la distancia 11.04 millas (11.77 km) la duración de la prueba 1874 segundos y la velocidad promedio 21.2 mph (34,1 Km/h) (Guitiérrez & Valarezo, 2018).



**Gráfico 23-1:** Ciclo FTP 75

Fuente: P.Carrión, K. Villamagua, 2018

### 1.6.8.5. Ciclo HWFET

El consumo de combustible de un vehículo se determina mediante los ciclos de conducción y el ciclo HWFET describe los datos de circulación por autopista. Mediante estos ciclos de conducción se determina el consumo de combustible y emisiones de gases de diferentes vehículos como los más utilizados en el Ecuador Hyundai Santa FE y Chery AQC. Para determinar los coeficientes de estos vehículos se basan en las pruebas SAE J1263 y los datos obtenidos por la OBD II donde los resultados fueron los siguientes: 8.77 L/ 100km para el vehículo Hyundai Santa fe y 5.69 L/100km en el vehículo Chery QAC (Tobar & Torres, 2017).

Obtener los datos de consumo de combustible mediante los ciclos de conducción EPA son muy importantes tal es el caso del ciclo HWFET y FTP75 Gráfico 24-1 que muestran el consumo de combustible [L/100km] en una distancia de 11.04 millas (17.77km) para el ciclo FTP75 con una duración de 1874 segundos y una distancia de 10.26 millas (16.45 km) con una duración de 765 segundos en una autopista. Los resultados para el ciclo FTP75 demuestran que para el vehículo Hyundai Santa Fe se obtiene un 36.67% menos en consumo de combustible respecto al EPA, al igual que un 36.44% menos respecto a la ficha técnica.



**Gráfico 24-1:** Consumo de combustible [l/100] del vehículo Hyundai Santa fe

**Fuente:** Tobar & Torres, 2017

Para el ciclo HWFET el resultado es 47.74% menos que el valor EPA y un 36.42% respecto al valor de la ficha técnica como muestra el Gráfico 25-1 (Tobar & Torres, 2017).

El consumo de combustible en el vehículo Chery mediante el ciclo de conducción FTP75 da los siguientes resultados 25.42% menos con comparación al 100% (7.63 L/100km) de la ficha técnica

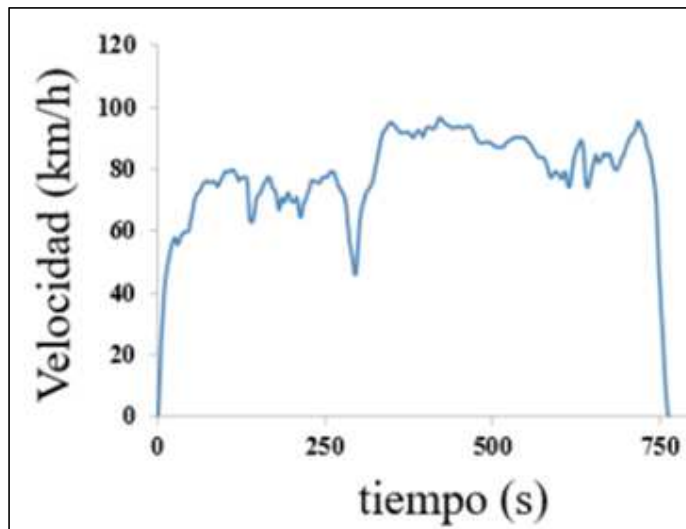
y mediante el ciclo de conducción HWFET los resultados fueron un 26.65% con respecto al 100% (4.69L/100Km) menos en combustible con la ficha del fabricante Gráfico 25-1.



**Gráfico 25-1:** Consumo de combustible [l/100km] para el vehículo Chery QAC.

Fuente: Tobar & Torres, 2017

En el Gráfico 26-1 muestra la prueba que se realizó a un Kia Picanto Ion R 1.0 L modelo 2016 en donde se analizó el consumo de combustible mediante el ciclo HWFET. Los datos de velocidad-tiempo se adquirieron mediante la lectura de datos de la Unidad de Control del Motor (ECU) y por medio de la interfaz OBD II en donde los resultados fueron los siguientes: una velocidad máxima de 96 km/h, una velocidad promedio de 78 Km/h prueba realizada en una distancia de 46.51 km con una duración de 765 s (Guitiérrez & Valarezo, 2018)



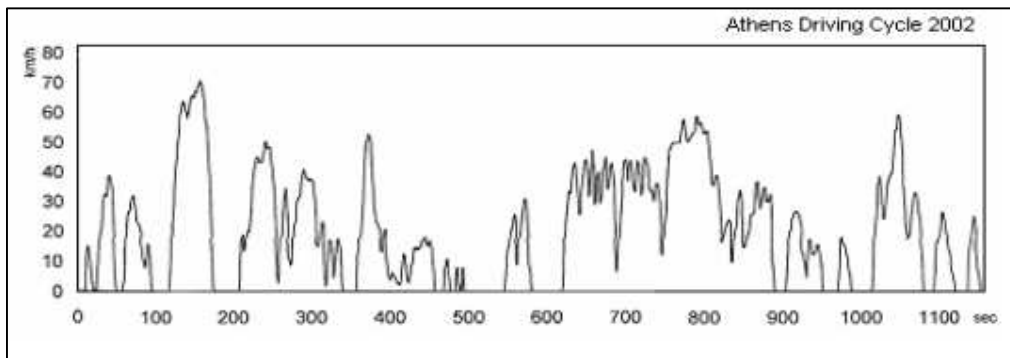
**Gráfico 26-1:** Ciclo FTP 75 para el Kia Picanto.

Fuente: Guitiérrez & Valarezo, 2018

1.6.8.6. Comparación de ciclos de conducción entre ADC, ECE-15 y EDC.

La presente investigación consta de tres diferentes ciclos de conducción realizados en la ciudad de Atenas, uno con un ciclo de conducción urbano (ECE-15), el nuevo ciclo de conducción ADC y el ciclo de conducción NEDC; con la finalidad de comparar gráficas y resultados. Se realizaron pruebas en tres automóviles de pasajeros de diferente clasificación (Citroen Xsara 1.6L, Mitsubishi Space Runner 2.0 L y un Chrysler PT Cruiser 2.4L). Usando en el vehículo un acelerómetro, un GPS y un escáner OBD II les permite recibir la información en tiempo real para posteriormente analizar los datos y graficarlos. Finalmente se procede a la evaluación de emisiones y consumo de combustible que brinden la facilidad de establecer diferencias entre los ciclos mencionados.

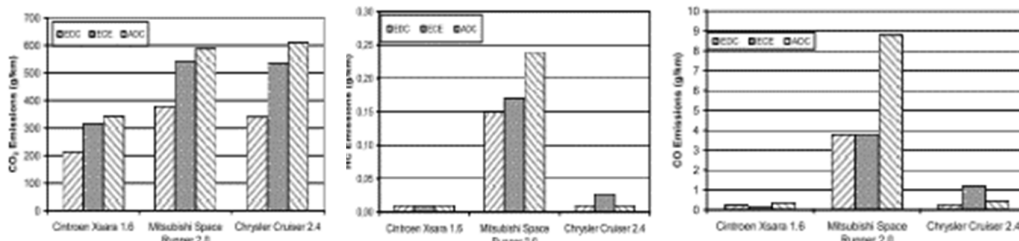
En el Gráfico 27-1 se puede evidenciar el ciclo de conducción ADC usando datos reales de tráfico en el año 2002.



**Gráfico 27-1:** Ciclo de conducción ADC 2002Ciclo HWFET.

Fuente: Zannikos, 2018

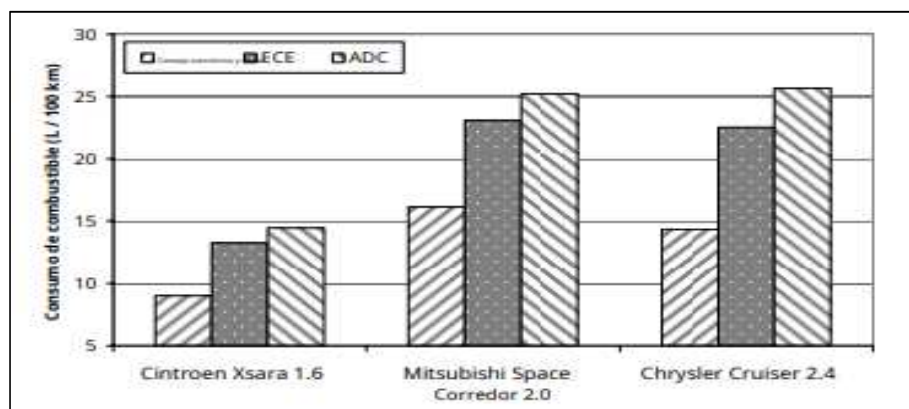
En el Gráfico 28-1 se evidencia de forma ordenada los diferentes tipos de conducción con sus respectivas variables de gases emitidas por los diferentes vehículos, permitiendo establecer un análisis comparativo entre la muestra de datos.



**Gráfico 28-1:** Comparación ciclos de conducción ADC, ECE, EDC.

Fuente: Zannikos, 2018

En el Gráfico 29-1 el consumo de combustible se incrementa durante las pruebas en ADC del 56% para Space Runner, hasta el 79% para el PT Cruiser, en comparación con la EDC. El aumento para Xsara es del 60%. Hay un más pequeño incremento registrado, en comparación con el ciclo de conducción urbano, que en todos los casos es del 9%. En conclusión, se llega a determinar que el ciclo ADC que fue tomado con datos de circulación urbana reales mostraron un incremento en todos los aspectos de análisis(Zannikos, 2018).



**Gráfico 29-1:** Consumos de combustible por ciclos de conducción ADC, ECE.

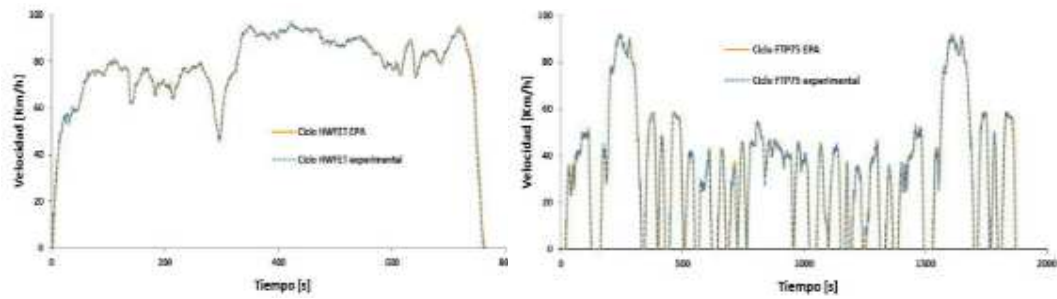
Fuente: Zannikos, 2018

#### 1.6.8.7. Determinación del consumo de combustible de vehículo usando ciclos de conducción EPA, FTP75 y EPA en dinamómetro.

Para determinar el consumo de combustible de vehículo se enfoca en la creación de una base de datos que permita determinar la variable ya mencionada usando un dinamómetro realizado en una ciudad a 2500msnm basándose en la norma ISO 10521. Esta permite analizar la ruta y obtener coeficientes que se usarán en el dinamómetro para representar la conducción urbana. Para la prueba se utilizan dos vehículos, el uno un Mazda 3 2.0L 2008 y un Chevrolet Sail 1.4L 2013 obteniendo los resultados siguientes.

En el Gráfico 30-1 se evidencia el ciclo de conducción experimental vs ciclo de la EPA. Durante este lapso de prueba también se tuvieron gráficas de revoluciones que son de relevancia para la determinación de consumos (Borja & Romero, 2016).





**Gráfico 30-1:** Comparación entre ciclos de conducción HWFET EPA y HWFET.

Fuente: Borja & Romero, 2016

En la siguiente Tabla 2-1 y Tabla 3-1 también se logra ver los consumos del Chevrolet Sail donde muestra un consumo en el ciclo de conducción FTP75 de 1.06  $\pm$  0.01 (L/ciclo) con una distancia de 17.82 Km, mientras que en el consumo en el ciclo de conducción HWFET es de 0.57  $\pm$  0.04 (L/ciclo) con una distancia de 16.50 Km. Por otra parte como resultados del Mazda 3 en el ciclo de conducción FTP75 consumió 1.37  $\pm$  0.13 (L/ciclo) recorridos en 17.41 Km, mientras que en ciclo de conducción HWFET tuvo un consumo de 1.03 (L/ciclo) con una distancia de 16.36 Km (Yupanqui & Iglesias, 2021)(Borja & Romero, 2016).

**Tabla 2-1:** Resultados de consumos del Chevrolet Sail 1.4L

Chevrolet Sail 1.4 L			
Ciclos conducción	L/ciclo	L/h	L/100 Km
FTP75	1.06 $\pm$ 0.01	2.35 $\pm$ 0.23	5.97 $\pm$ 0.04
HWFET	0.57 $\pm$ 0.04	3.21 $\pm$ 0.2	3.48 $\pm$ 0.22

Fuente: Borja & Romero, 2016

**Tabla 3-1:** Resultados de consumos de Mazda 3 2.0L

Mazda 3 2.0L			
Ciclos conducción	L/ciclo	L/h	L/100 Km
FTP75	1.37 $\pm$ 0.13	3.06 $\pm$ 0.36	7.73 $\pm$ 0.75
HWFET	1.03 $\pm$ 0.00	5.73 $\pm$ 0.04	6.24 $\pm$ 0.03

Fuente: Borja & Romero, 2016

1.6.8.8. *Comparación de factores emisión vehicular al utilizar ciclos de conducción IM240 y On Board.*

La presente investigación busca los factores de emisión vehicular ocurridos en el Distrito Metropolitano de Quito usando dos ciclos de conducción, uno es IM240 que significa una simbolización de la ruta efectuada en un dinamómetro y con el ciclo de conducción On Board donde se mezclan tramos de ciudad y tramos de carretera. Para realizar este experimento se toman como muestra a 5 vehículos todos de marca Chevrolet, un Aveo 2011, dos Spark 2015 y dos grand Vitara 2011 y 2012. Usando un analizador MGT5 se obtienen valores como se logra ver en la Tabla 4-1.

**Tabla 4-1:** Comparación de factores de emisiones del ciclo On Board.

Item	Marca	Modelo	Año	Cilindrada	CO	HC	NOx
1	Chevrolet	Aveo	2011	1600	0.047	29.658	181.454
2	Chevrolet	Spark	2015	1000	0.065	32.797	44.807
3	Chevrolet	Spark	2015	1000	0.187	43.220	37.081
4	Chevrolet	Grand Vitara	2011	2000	0.163	40.705	41.807
5	Chevrolet	Gran Vitara	2012	2000	0.174	33.449	27.483

Fuente: Urbina Guzmán, 2016

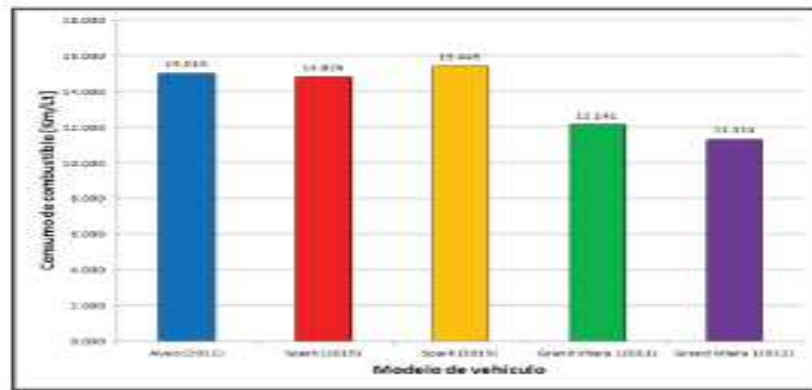
Mientras que el análisis de los ciclos de conducción permite de igual manera determinar los consumos de combustible. En la Tabla 5-1 se visualiza que Aveo 2011 fue el vehículo que más recorrió con un litro de gasolina con un total de 8.58 Km durante el estudio del ciclo IM240.

**Tabla 5-1:** Comparación de consumos de combustible por el ciclo IM240.

Item	Marca	Modelo	Año	Cilindrada	Consumo de combustible
1	Chevrolet	Aveo	2011	1600	15.013
2	Chevrolet	Spark	2015	1000	14.826
3	Chevrolet	Spark	2015	1000	15.445
4	Chevrolet	Grand Vitara	2011	2000	12.141
5	Chevrolet	Gran Vitara	2012	2000	11.324

Fuente: Urbina Guzmán, 2016

Por otro lado, se tiene en el Gráfico 31-1 los consumos de combustible de los 5 vehículos en el ciclo de conducción On Board donde se logra evidenciar que el Chevrolet Spark logra tener una mayor autonomía con un total de 15.49 Km en un litro de combustible.



**Gráfico 31-1:** Diagrama de barras de los consumos de combustible.

**Fuente:** Urbina Guzmán, 2016

Los resultados dejan un margen de error del 5%, dejando un 95% de confiabilidad en las mediciones tomadas en cada procedimiento, por lo tanto, el experimento es fiable (Urbina Guzmán, 2016).

## CAPITULO II

### 2. MARCO METODOLÓGICO

#### 2.1. Método de Investigación.

##### 2.1.1. *Método hipotético-deductivo*

En el presente proyecto se plantea el uso del método hipotético-deductivo ya que se parte de un tópico con interés social y ambiental en la que formulamos una hipótesis favorable basándose en las propiedades que los aditivos pueden proporcionar sobre los combustibles de nuestra muestra. Para llegar a determinar la validez de dicha hipótesis se procede a realizar una serie de pruebas específicas para la obtención de una base de datos reales, permitiendo de esa manera que la recolección de información en tiempo real nos permita reafirmar o refutar el efecto producido por el uso de aditivos sobre los vehículos segmento B (Martínez Ruiz, 2012a).

##### 2.1.2. *Método Inductivo*

El presente método permite obtener una generalización con respecto a los vehículos Segmento B al momento de usar aditivos. Los resultados que se obtienen de la muestra (4 vehículos, 2 pruebas en los dos estados del vehículo cada uno) se considerarán confiables y asegura que se repetirá los beneficios de manera proporcional en los vehículos de una misma segmentación. Es decir, el consumo de combustible con respecto a los kilómetros recorridos y los niveles de la emisión de gases de escape que son las variables a determinar en el presente estudio, siempre se verán afectados o no por usar una mezcla con aditivos (Baena Paz, 2014).

##### 2.1.3. *Método Experimental*

El uso del método experimental permite tener manipulación sobre la variable independiente de nuestro tema como es el combustible EXTRA de 87 octanos. El mencionado método permite observar el comportamiento de la muestra sin aditivos, para posteriormente experimentar en ellas el uso de los aditivos en su mezcla de combustible. Finalmente, mediante pruebas específicas se adquiere información referente al consumo de combustible y niveles de emisión de gases que permiten compararlos y de esa manera obtener conclusiones válidas (Martínez Ruiz, 2012a).

#### **2.1.4. Método Comparativo**

La comparación pone en correspondencia unas realidades con otras para ver sus semejanzas y diferencias. En el presente estudio se plantea un análisis comparativo entre dos estados del vehículo. El primero corresponde a vehículos segmento B usando gasolina EXTRA de 87 octanos, mientras que el segundo estado corresponde a los mismos vehículos usando una gasolina EXTRA con aditivos en su depósito. Para concluir se utiliza toda la información adquirida para establecer los efectos y determinar las diferencias entre ambos estados.

#### **2.2. Método Cuantitativo.**

El método cuantitativo posee un carácter monotético y tiene como objetivo establecer relaciones causales que supongan una explicación del fenómeno a observar, dicho de otra manera, es aquel que recoge y analiza datos cuantitativos sólidos y repetibles sobre una o varias variables para entender un hecho (Martínez Ruiz, 2012). Como se lo menciona anteriormente, el método hipotético-deductivo el cual por lo general forma parte del método cuantitativo, brinda la oportunidad de afirmar o refutar una hipótesis desde el punto de vista probabilístico basándose en un fenómeno específico. Por ende, este estudio busca identificar el efecto y beneficio que los aditivos logran proporcionar sobre los vehículos segmento B. Sin embargo, es de importancia mencionar que este método es débil en términos de validez interna, es decir, casi nunca se logra saber si se están considerando hasta la mínima imprescindible; pero es fuerte en validez externa, lo que encuentran es generalizable a la población (Fernández Pita & Díaz Pértegas, 2003).

En cuanto a la observación cuantitativa, partiendo de la cantidad de muestras que se emplea en el presente estudio, brinda la oportunidad de obtener conclusiones confiables y acertadas que estén orientadas hacia una misma dirección o resultado. Los cuatro vehículos de muestra seguirán un procedimiento bajo unos mismos parámetros para la obtención de datos numéricos. Para la prueba estática se utiliza un analizador de gases que permite obtener los datos en porcentaje de los gases que emite el motor por el escape. Mientras que, para la prueba dinámica a través de un grupo de equipos y herramientas ordenan toda la información recopilada en tiempo real sobre una ruta establecida.

El método estudia la asociación o relación entre las variables cuantificadas. Por eso, la cantidad considerable de números que resultan de las pruebas serán ordenados y agrupados intencionalmente para la determinación del consumo de combustible y de los niveles de gases de escape que se emiten a la atmósfera, para posteriormente ser cuantificados de forma estadística

y comparados entre sí. Finalizando así, con la realización del análisis respectivo para la verificación técnica de los cambios existentes.

### **2.3. Método empírico.**

El uso del método empírico permite la inclusión de operaciones prácticas y experimentales con el fin de concluir un hecho.

#### **2.3.1. Medición**

En la ciencia y en la técnica, la medición es el proceso por el cual se asigna un número a una propiedad física de algún objeto o fenómeno con propósito de comparación, siendo este proceso una operación física en la que intervienen necesariamente cuatro sistemas: El sistema objeto que se desea medir, el sistema de instrumento, el sistema de comparación que se define como unidad y que suele venir unido o estar incluido en el instrumento y el operador que realiza la medición (Gutierrez Aranzeta, 1997, p. 18).

La medición es fundamental en el presente estudio ya que para llegar a refutar o afirmar la hipótesis planteada, se requiere de información numérica y medible obtenida de los cuatro vehículos. Siendo así, partimos de la premisa que se requiere de cuatro sistemas para la aplicación del proceso de medición. En primer lugar, estudian varias señales del vehículo y las emisiones de escape. Un segundo sistema hace referencia al uso de equipos y herramientas como por ejemplo el escáner para obtener dichos valores. Como tercer sistema se plantea el uso del método comparativo entre los dos estados de la muestra. Y finalmente, el sistema correspondiente a los investigadores que son los encargados de realizar dichas mediciones. El conjunto de las diferentes aportaciones asegura que el proceso de medición se lo realice de manera favorable para los objetivos de estudio.

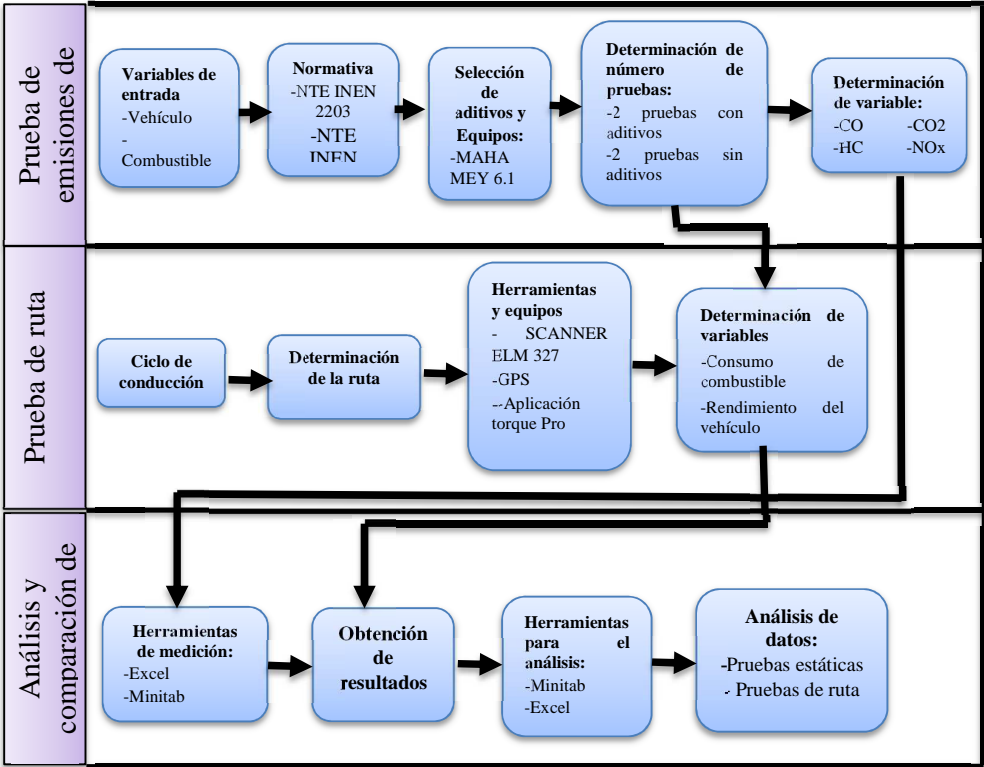
#### **2.3.2. Experimentación**

En vista que se trata de una investigación aplicada, la experimentación tiene un papel importante, ya que para que un conocimiento se considere válido no es suficiente con haberlo obtenido o demostrado por medio de inferencias correctas y no se contrapongan, por numerosas, estrictas y amplias que estas puedan ser, sino que además se requiere la comprobación directa mediante la experimentación (Gutierrez Aranzeta, 1997). Es este el motivo por el cual se experimenta sobre cuatro vehículos y en repetidas ocasiones en ambos estados del vehículo (con y sin aditivos). Para

llegar a obtener el fenómeno en constantes ocasiones y verificar su comportamiento sobre los vehículos, los cuales tendrán que ser evidentes sobre el rendimiento en base al consumo de combustible y los niveles de emisión de gases.

**2.4. Diagrama de flujo de la metodología.**

La Figura 1-2 muestra el proceso metodológico para la investigación, la cual sus variables de entrada son cuatro vehículos segmento B con combustible extra de 87 octanos. El protocolo de emisiones de gases se basa en la Normativa 2203, adicionalmente usa el analizador de gases Kane AutoPlus que permite determinar el porcentaje en volumen de los gases contaminantes. La prueba dinámica se lo realiza en una ruta determinada y la obtención de datos de los vehículos mediante el Scanner ELM 327 y la app torque pro para obtener los datos de consumo de combustible, distancia, velocidad, tiempo, revoluciones, altitud. Los datos recopilados se lo analizan mediante un análisis estadístico (Excel, minitab) que permiten determinar el desempeño del motor cuando usa y no aditivo.



**Figura 1-2:** Metodología de investigación.

Realizado por: Toalombo, B & León M, 2021

## 2.5. Protocolo de emisiones de gases.

### 2.5.1. Variables de entrada.

#### 2.5.1.1. Características de los vehículos a prueba.

En el desarrollo de las pruebas se toman 4 vehículos de igual segmentación, pero diferentes marcas y características: 4 vehículos Chevrolet, 2 de modelo Sail, uno de 2013 y otro de 2018, un Aveo Emotion del 2008 y un Aveo Activo del 2009. Los cuatro vehículos cuentan con inyección electrónica con sus respectivas características mostradas en las Tablas 1-2., 2-2, 3-2 y 4-2. Es importante recalcar la revisión previa de cada vehículo antes de iniciar cada prueba, es decir revisar los componentes: bujías, batería, pastillas de frenos, nivel de aceite entre otros que puedan afectar con la obtención de resultados.

**Tabla 1-2:** Ficha Técnica Vehículo 1

Características del vehículo 1	
Marca	Chevrolet
Modelo	AVEO
Año	2009
Cilindraje	1598cc
Relación de compresión	9.5:1
Peso	1075Kg
Motor	Gasolina
Transmisión	5-Manual
Tracción	Delantera
Potencia	102Hp
Torque	145 Nm



Fuente: Chevrolet, 2021

Realizado por: Toalombo, B & León M, 2021



**Tabla 2-2:** Características del vehículo 2

<b>Características del vehículo 2</b>	
<b>Marca</b>	Chevrolet
<b>Modelo</b>	SAIL
<b>Año</b>	2013
<b>Cilindraje</b>	1398cc
<b>Relación de compresión</b>	10.2:1
<b>Peso</b>	1085 Kg
<b>Motor</b>	Gasolina
<b>Transmisión</b>	5-Manual
<b>Tracción</b>	Delantera
<b>Potencia</b>	102Hp
<b>Torque</b>	131 Nm



Fuente: Chevrolet, 2021

Realizado por: Toalombo, B & León M, 2021

**Tabla 3-2:** Características del vehículo 3

<b>Características del vehículo 3</b>	
<b>Marca</b>	Chevrolet
<b>Modelo</b>	Aveo Emotion
<b>Año</b>	2008
<b>Cilindraje</b>	1598cc
<b>Relación de compresión</b>	9.5:1
<b>Peso</b>	1125 Kg
<b>Motor</b>	Gasolina
<b>Transmisión</b>	5-Manual
<b>Tracción</b>	Delantera
<b>Potencia</b>	106Hp
<b>Torque</b>	144 Nm



Fuente: Chevrolet, 2021

Realizado por: Toalombo, B & León M, 2021

**Tabla 4-2:** Características del vehículo 4

<b>Características del vehículo 4</b>	
<b>Marca</b>	Chevrolet
<b>Modelo</b>	Sail
<b>Año</b>	2018
<b>Cilindraje</b>	1485
<b>Relación de compresión</b>	9.5:1
<b>Peso</b>	1470 kg
<b>Motor</b>	Gasolina
<b>Transmisión</b>	Manual
<b>Tracción</b>	Delantera
<b>Potencia</b>	109 Hp
<b>Torque</b>	141 Nm



Fuente: Chevrolet, 2021

Realizado por: Toalombo, B & León M, 2021

#### 2.5.1.2. Características del combustible utilizado.

Las empresas encargadas de la producción de combustible Extra deben manejar los parámetros establecidos por el Servicio Ecuatoriano de Normalización, en la cual establece los requisitos que debe cumplir la gasolina para motores de combustión interna de encendido por chispa. El Servicio Ecuatoriano de Normalización brinda a la investigación una contribución demostrativa de las propiedades de los carburantes que circulan en mercado ecuatoriano, en la Tabla 5-2 se indica los requisitos establecidos que se debe cumplir para la distribución de gasolina Extra (INEN, 2016).

**Tabla 5-2:** Propiedades del Combustible Extra

<b>Características</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Unidad</b>
<b>Números de Octanos (RON)</b>	87	--	-
<b>Contenido de azufre</b>	--	0,065	% <sup>c</sup>
<b>Contenido de aromáticos</b>	--	30	% <sup>b</sup>
<b>Contenido de benceno</b>	--	1	% <sup>b</sup>

<b>Contenido de olefinas</b>	--	18	% <sup>b</sup>
<b>Contenido de oxígeno</b>	240	--	min
<b>Contenido de plomo</b>	--	No detecta	mg/L
<b>Contenido de manganeso</b>	--	No detecta	mg/L
<b>Contenido de hierro</b>	--	No detecta	mg/L
<b>Destilación: 10%</b>	--	70	°C
<b>50%</b>	77	121	°C
<b>90%</b>	--	189	°C

Fuente: INEN, 2016.

Realizado por: Toalombo, B & León, M, 2021.

## 2.5.2. Normativa

### 2.5.2.1. Aplicación Norma NTE INEN 2203.

La norma INEN 2203 establece el método de ensayo para determinar las concentraciones de emisiones provenientes del sistema de escape para vehículos equipados con motor de encendido por chispa, es decir se aplica para vehículos cuyo combustible es la gasolina. En el desarrollo de las pruebas se realizará el siguiente procedimiento de medición:

1. Antes de realizar las pruebas estáticas revisar los siguientes parámetros.
  - 1.1 El equipo se debe someter a un periodo de calentamiento y estabilización, dependiendo de las especificaciones del fabricante.
  - 1.2 Quitar el material, sustancia extraña o partículas acumuladas en la sonda de prueba ya que puede alterar los resultados de muestra.
  - 1.3 Revisar que el control manual del vehículo se encuentre en neutro (transmisión manual), parqueo (transmisión automática).
  - 1.4 Revisar que los accesorios (aire acondicionado, luces, radio, etc.) estén apagados.
  - 1.5 Revisar que se encuentre en perfectas condiciones el diseño de escape del vehículo sin salidas adicionales que provoquen dilución o fugas de los gases de escape.
  - 1.6 Si vehículo no cumple con el numeral 1.5 no se debe realizar la prueba hasta que se corrija.
  - 1.7 Revisar el nivel de aceite entre el mínimo y el máximo estimado por el fabricante.
  - 1.8 Revisar la temperatura normal de operación cuando el vehículo se encienda

Nota: El resultado de la lectura de emisiones de gases dependerá del tiempo de respuesta del equipo.

### 2.5.3. Equipo Analizador

#### 2.5.3.1. KANE AUTO PLUS

El analizador KANE AUTO PLUS permite analizar y determinar la cantidad de gases emitidos por los motores de combustión interna de encendido por compresión o de encendido provocado. El equipo tiene la característica de ser portátil, lo que permite realizar el estudio estático en cualquier lugar. Posee sensores infrarrojos situados en su estructura interna que permiten identificar los tipos de gases que son succionado por la sonda, permitiendo de esa manera proyectar la cantidad en porcentaje en la pantalla disponible. (KANE, 2021)



**Gráfico 1-2:** Analizador de gases Kane Autoplus

Realizado por: (KANE, 2021)

En la Tabla 6-2 se presentan las características generales que el equipo Maha Met 6.1 brinda para el conocimiento de los usuarios.

**Tabla 6-2:** KANE AUTOPLUS 5-2 Características

Características MAHA Met 6.1	
Tiempo de calentamiento	Menos de 2 minutos
Uso en vehículos	Gasolina, GLP, GNC y Diesel

<b>Puerto de conexión PC</b>	A través del puerto RS 232
<b>Registro de datos</b>	500 pruebas
<b>Dimensiones</b>	220mm X 55mm X 120mm
<b>Peso</b>	1 Kg
<b>Profundidad de inserción de sonda</b>	350 mm
<b>Diámetro de sonda</b>	15 mm
<b>Longitud de sonda</b>	4 mm
<b>Temperatura de funcionamiento</b>	+5°C a +45°C
<b>Cargador de la batería</b>	Entrada: 100-240v Frecuencia: 47-63 Hz Salida: 12V DC
<b>Duración de la batería</b>	4 horas a carga completa

Fuente: KANE, 2021

Mientras que en la Tabla 7-2 se visualizan las características específicas y técnicas del equipo en los que se evidencia la sensibilidad, la exactitud y el rango de medición.

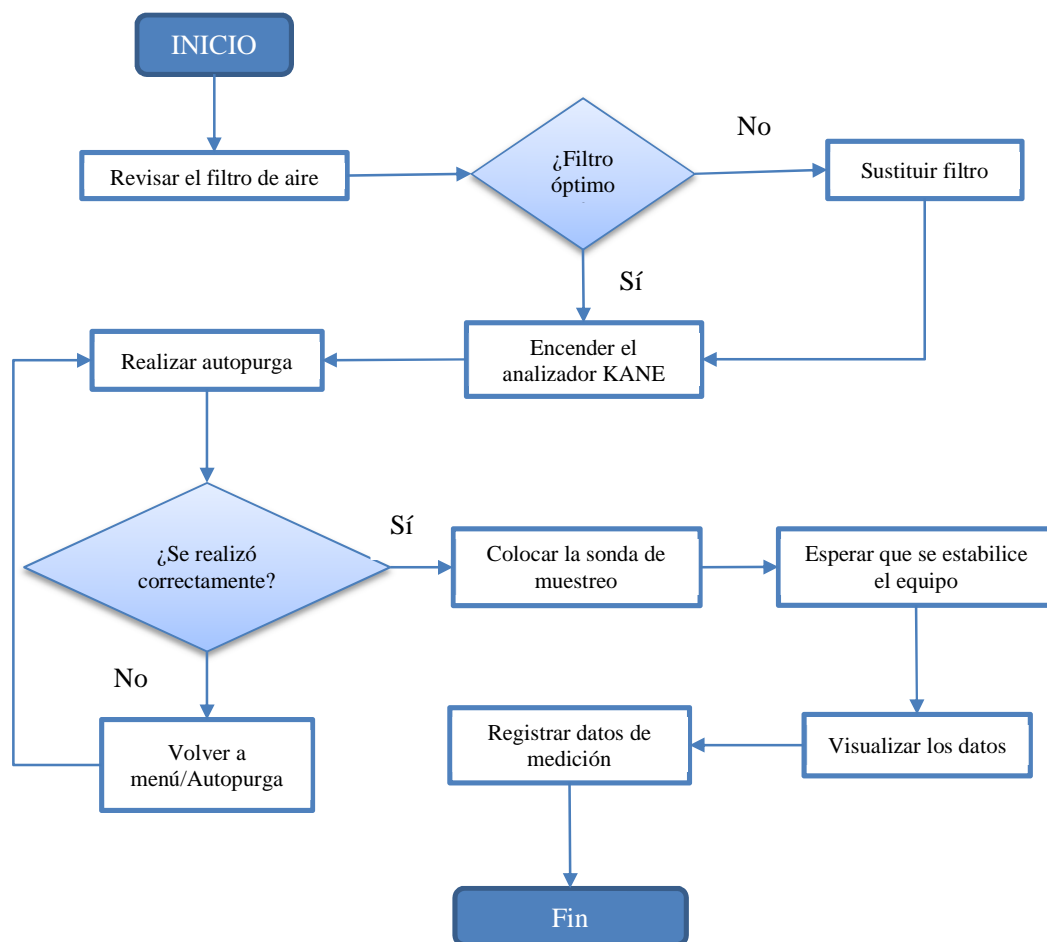
**Tabla 7-2:** Características técnicas KANE

Parámetro	Sensibilidad	Exactitud	Rango de medición
Monóxido de carbono	0.01%	+/-5% en lectura +/- 0.06% en volumen	0-10%
Oxígeno	0.01%	+/-5% en lectura +/- 0.1% en volumen	0-21%
Hidrocarburos	1ppm	+/-5% en lectura +/- 12ppm en volumen	0-5000 ppm
Dióxido de carbono	0.1%	+/-5% en lectura +/- 0.5% en volumen	0-16%
Óxidos de nitrógeno	1 ppm	0-1500ppm +/-5% o 25 ppm	0-1500 ppm

Fuente: KANE, 2021

#### 2.5.3.2. *Uso del analizador.*

Para el uso del equipo es importante seguir las recomendaciones de la marca KANE. En la Figura 2-2 se ilustra el flujograma de procesos que se realiza para llegar a obtener correctamente los valores de los gases de escape.



**Figura 2-2:** Proceso para el uso del analizador KANE

Realizado por: Toalombo, B & León, M,2021

#### 2.5.4. Aditivo de combustible

##### 2.5.4.1. Aditivo Qualco “PIKES”

Los aditivos se usan para mejorar las propiedades químicas del producto y son utilizadas en pequeñas cantidades durante la elaboración de combustible por parte de los fabricantes y los usuarios al momento de comprar combustible. En el mercado existe un sin número de aditivos de combustible dependiendo de las diferentes características que se puedan mejorar (octanaje, oxigenadores, detergentes, colorantes) (Rocha Hoyos & Zambrano Leon, 2015)., la Tabla 2-8 indica las principales características del Aditivo Qualco PIKES. El presente aditivo contiene promotores de combustión con alto octanaje que mejoran las condiciones antidetonantes de la mezcla de combustible completándose con la acción de catalizadores de combustión los cuáles aceleran la velocidad de reacción. Dentro de esta incluyen una serie de compuestos que trabajan

durante toda la combustión como: Solvente de lodo, gomas y resinas, homogeneizador, inhibidor de corrosión, catalizador de la reacción, inhibidor de reacciones que producen daño en los equipos y medio ambiente, y aumento de potencia (QUALCO ECOENERGY, 2021).



**Gráfico 2-2:** Aditivo Qualco Pikes

Fuente: QUALCO ECOENERGY, 2021

#### 2.5.4.2. *Simoniz-Qualitor*

Es un aditivo que mejora el rendimiento del vehículo y reduce la contaminación de emisiones de gases. Este aditivo ayuda a que el vehículo tenga una vida útil más larga. El aditivo Simoniz-Qualitor se ha convertido en un elemento muy importante para el desarrollo del combustible mejorando su formulación y consiguiendo un compuesto químico mejor y más avanzado.

Características

- Permite que no exista óxido en el tanque
- Tiene un ahorro en el consumo de combustible
- No produce cabeceos en el motor
- Aumenta el rendimiento del motor
- Prolonga la vida útil del filtro
- Rinde hasta 6 galones

El uso de aditivo es el siguiente:

1. Quitar la tapa del producto.
2. Añadir al tanque de combustible del vehículo.



**Gráfico 3-2:** Simoniz-Qualitor

**Fuente:** Simonizauto.com, 2019.

#### 2.5.4.3. *Simoniz Power-Shot-5-1*

La marca Simoniz se ha convertido en una de las marcas líderes en cuidado y protección de los vehículos a través de productos desarrollados con los altos estándares de calidad encaminada a las exigencias que desea el consumidor. Esta marca con sus estudios e investigaciones ha creado el Smoniz Power-Shot 5-1, el cual debido a la filosofía de negocio le hace ser un aditivo confiable y sólido.

#### Características

- Mayor concentración
- Ahorro de consumo de combustible
- Elimina el agua u la suciedad del combustible
- Previene la corrosión y el óxido en el sistema
- Tiene una cantidad de 140 ml
- Su valor está en 13 dólares con 90 centavos
- Evita que existe oxido en el tanque
- Elimina el cascabeleo del motor
- Aumenta el desempeño del motor
- Aumenta la vida útil del filtro
- Restaura la potencia del vehículo perdida





**Gráfico 4-2:** Aditivo Power Shot 5-1

**Fuente:** Simonizauto.com, 2019.

#### 2.5.4.4. STP-Aditivo-gasolina

STP-Aditivo-gasolina está diseñado para el ahorro de combustible, evitar las acumulaciones de depósitos y mantener la entrada del combustible libre de cualquier depósito nocivo que pueda existir. STP-aditivo-gasolina permite reducir las emisiones de gases contaminantes al medio ambiente. Este producto es seguro y es utilizado para vehículo de todas las gamas ya sea de los motores tradicionales a los modernos.

#### Características

- Ahorra en un 10% de combustible
- Es utilizado para vehículo con alto y bajo kilometraje
- Precio del aditivo de 9.90\$
- Tiene una cantidad de 155ml



**Gráfico 5-2:** STP-Aditivo-gasolina.

**Fuente:** Simonizauto.com, 2019.

#### 2.5.4.5. Mezcla de aditivo con el combustible utilizado.

La mezcla del aditivo con el combustible debe ser proporcional para los 4 vehículos que corresponden a la muestra del proyecto. En la tabla 8-2 se tabula con detalle los porcentajes usados para realizar las pruebas en la carretera, las cuales deben estar igualadas en porcentajes para considerar que parten en una misma condición.

**Tabla 8-2:** Información de las mezclas

Vehículo	% Gasolina	% Aditivo
1	50	50
2	50	50
3	25	25
4	50	50

Realizado por: Toalombo, B & León, M, 2021

#### 2.5.5. Zona de análisis

La prueba dinámica en ruta tiene como objetivo analizar el escenario en que los vehículos segmento B se van a desplazar considerando el consumo de combustible, distancia y tiempo de cada prueba. En el Grafico 8-2. muestra el recorrido de las pruebas en un circuito mixto de carretera, que consiste en carretera y el paso por zonas urbanas. Este recorrido empieza desde Licán (Salida de Riobamba) hasta completar 16.5Km en un punto más allá de San Juan.

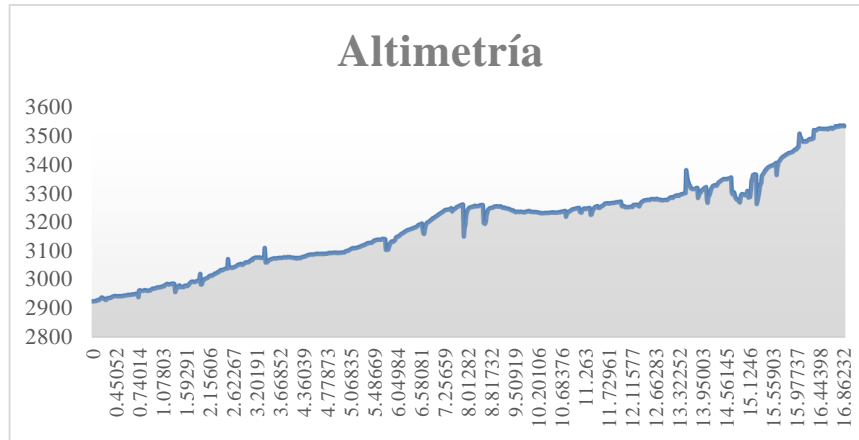


**Gráfico 6-2.** Ruta establecida Licán-San Juan 16.5 Km.

Fuente: Google Maps, 2021

### 2.5.6. Condiciones de ruta.

El Gráfico 9-2 representa la altimetría a la cual serán puesto a prueba los cuatro vehículos muestra. Este recorrido empezará en los 2900m y terminará en los 3500m, lo cual se resumen en una ruta de esfuerzo que permita analizar el comportamiento de cada vehículo.



**Gráfico 7-2:** Altimetría de ruta

**Realizado por:** Toalombo, B & León, M, 2021

### 2.5.7. Acondicionamiento de los vehículos

Antes de empezar con el procedimiento de las pruebas de los cuatro vehículos es importante que deban cumplir con los requisitos necesarios para la extracción de datos del consumo de combustible y obtener resultados parejos sin mucha posibilidad de una variación o alteración de los valores numéricos durante la investigación, para ello es importante contar con las recordaciones de (FLHSMV, 2020) que consta de los siguientes puntos:

- Revisar que no presente ningún código de falla DTC o la luz del Check Engine se encuentre encendida
- Verificar los niveles de aceite, líquido de frenos, líquido refrigerante y aceite de la dirección hidráulica si no cumplen con los niveles establecidos no se puede continuar al siguiente paso.
- El nivel de los neumáticos en frío es de valores de 35 psi.
- Revisar el estado de carga de la batería con un voltaje de 13,3 a 15,0 voltios cuando el vehículo se encuentre encendido, de no ser el caso revisar el nivel de líquido de la batería.
- Revisar el sistema de frenos que se encuentre en óptimas condiciones tanto como los tambores en la parte posterior y las pastillas en la parte superior del vehículo.

- Al momento de realizar el ciclo de conducción no bajar las ventanillas o no encender el aire acondicionado para evitar problemas aerodinámicos o disminución de potencia.
- No transportar con peso adicional en el vehículo como accesorios innecesarios o acompañante.
- 

### 2.5.8. Herramientas y equipos utilizados

#### 2.5.8.3. Scanner Automotriz ELM 327

Es un dispositivo electrónico que permite conectar directamente al computador del automóvil utilizado el terminal OBD II además permite al usuario tener un control de datos en el vehículo y poder identificar los DTC o códigos de error que puede presentar el mismo adicionalmente el Scanner automotriz ELM 327 permite obtener los datos de registro de consumo en tiempo real gracias a sus conexión Bluetooth en donde se puede visualizar todos los datos y parámetros del vehículo en el dispositivo móvil (Yupanqui & Iglesias, 2021).

Protocolos OBD II compatibles

- Iso15765-4 (CAN)
- J1850 PWM utilizados en vehículos Ford
- J1850 VPW utilizado para vehículos GM
- ISO9141-2 para vehículos europeos, americanos, asiáticos
- ISO14230-4

Tamaño: 7x 4.5x2.5 cm

Corriente inactiva nominal: 45 mA

Bluetooth: 16 -50 pies

Temperatura de funcionamiento: -4° a 131 °F



**Gráfico 8-2:** Escáner ELM 327

Fuente: (Códigos DTC, 2021)

#### 2.5.8.4. *Software Torque Pro*

La aplicación Torque Pro permite conocer una gran cantidad de información del estado del motor, errores que presenta, etc mediante un adaptador que se conecta al puerto OBD del vehículo dependiendo de la versión que se tenga (gratuita o paga). Para utilizar esta aplicación es importante comprar el conector OBD el cual cuenta con una conexión Bluetooth y poder comunicarse con la Tablet o Smartphone. Las instrucciones para utilizar esto son las siguientes (Yupanqui & Iglesias, 2021):

1. Colocar el Scanner automotriz ELM 327 en el puerto OBD II
2. Verificar la conectividad con el Software Torque pro
3. Recopilar la información referente a longitud, distancia, recorrido, tiempo, velocidad, altura entre otros.

Además de poder configurar ciertos parámetros del vehículo como el peso o tipo de combustible que se utiliza. El sistema puede utilizar un GPS del móvil para obtener una mayor precisión en el desplazamiento. Torque pro ofrece los siguientes datos de funcionamiento:

- Velocidad
- Aceleración
- Estado de los fusibles y sistema electrónico
- Lectura de las emisiones del vehículo
- Temperatura de transmisión
- Par motor y potencia del motor.
- RPM reales del motor
- Seguimiento del mantenimiento del automotor
- Presenta los códigos de erros de motor con información detallada

#### 2.5.8.5. *Software EXCEL*

El software EXCEL es usado para la recolección y la organización de datos. Es decir, directamente desde la aplicación Torque Pro se genera un archivo .xlsx tabulado de los valores por cada segundo de las diferentes variables seleccionadas y mencionadas anteriormente. Excel brinda la facilidad para ordenar, ejecutar comandos, funciones y gráficas que permitan un mejor entendimiento de los miles de datos generados.

### **2.6. Protocolo para la extracción de datos de consumo de combustible.**

1. Conectar el Scanner ELM 327 en el puerto OBD II del vehículo a prueba.

2. Verificar la vinculación entre la aplicación y el Scanner.
3. Seleccionar la opción de consumo de combustible dentro de la app.
4. Iniciar las pruebas.
5. Para determinar tiempo exacto al momento de iniciar las pruebas se utiliza Matlab Mobile obteniendo una sincronización con la aplicación Torque Pro.
6. El valor inicial de consumo de combustible es el dato que marca el dispositivo, puesto a que su valor inicial no es 0 galones o litro debido que el vehículo se encontrará encendido y con valores iniciales de consumo.
7. Los datos obtenidos por la aplicación Torque Pro se deben transferir al software Microsoft Excel con la finalidad de sincronizar los valores iniciales de consumos obtenido durante el ciclo de conducción. |
8. El proceso se repite 16 veces, 4 pruebas para cada vehículo con aditivo más combustible extra y 4 pruebas para cada vehículo sin aditivo.

### 2.7. Simbología de los vehículos usados.

En la tabla .9-2 se plantea designar una simbología a los vehículos que son parte de la muestra con la finalidad de evitar confusiones al lector debido a su similitud en modelos, y representar de manera más ordenada la información en el capítulo 3.

**Tabla 9-2:** Simbología

VEHÍCULO	SIMBOLOGÍA
Chevrolet Activo 2009	Vehículo 1
Chevrolet Sail 2013	Vehículo 2
Chevrolet Emotion 2008	Vehículo 3
Chevrolet Sail 2018	Vehículo 4

Realizado por: Toalombo, B & León, M,2021

### 2.8. Análisis de variables de respuesta.

Mediante el análisis de variables se establece la necesidad de un método estadístico que permitan establecer datos confiables y fiables. En la Tabla 10-2 se establece los niveles y factores de estudio que permita realizar una tabulación de los resultados. Al determinar los comportamientos del estudio se toma como factores de entrada a los vehículos segmento B, combustible y aditivo debido a que son lo componentes en los que se basa el estudio para determinar el desempeño del vehículo y establecer un análisis estadístico en función del recorrido total.

Los factores que se manejan como primer nivel son los vehículos Segmento B, debido a que son automotores seleccionados para el análisis comparativo analizando cómo varía el desempeño del motor cuando se usa y no el aditivo.

**Tabla 10-2:** Análisis de variables de respuesta

<b>Factores</b>	<b>Niveles</b>	<b>Variable</b>
<i>Vehículos Segmento B</i>	Vehículo 1	1
	Vehículo 2	2
	Vehículo 3	3
	Vehículo 4	4
<i>Combustible</i>	Extra	87 octanos
<i>Aditivo</i>	Qualco PIKES	-

Realizado por: Toalombo, B, & León, M, 2021.

## 2.9. Análisis ANOVA.

Al manejar este procedimiento estadístico permite asemejar y controlar las variabilidad de los efectos estudiados y que tan cercanos se encuentran los unos con los otros, los mismos que emparejan la calidad de uno o más valores al confrontar las medias en los diferentes niveles de los factores, por este método se reconoce si los datos obtenidos mantienen una relación o existen discrepancias significativas, es importante reconocer que se toma este tipo de análisis puesto que proporciona un 95% de confianza en los resultados (Minitab, 2019).

**Tabla 11-2:** Pruebas a tomar para el análisis ANOVA

<b>Niveles</b>	<b>Pruebas de Consumo</b>	
<b>Chevrolet Aveo Activo 1,6L</b>	2 Extra sin aditivo	2 Extra con aditivo
<b>Chevrolet Sail 1,4L</b>	2 Extra sin aditivo	2 Extra con aditivo
<b>Chevrolet Aveo Emotion 1,6L</b>	2 Extra sin aditivo	2 Extra con aditivo
<b>Chevrolet Sail 1,4L</b>	2 Extra sin aditivo	2 Extra con aditivo
<b>Total</b>	8 Extra sin aditivo	8 Extra con aditivo

Realizado por: Toalombo, B, & León, M, 2021

La adquisición de resultados confiables necesita replicar pruebas en las mismas condiciones para cada vehículo, se debe extraer la media muestral de consumo en el desplazamiento establecido para crear intervalos de confianza en los resultados de los tratamientos para el análisis de diferencias significativas y un posterior gráfico comparativo en los vehículos seleccionados con la diferencia de los dos estados a estudiar. (Rocha-Hoyos et al., 2019: pp.140-143).

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO DE RESULTADOS.

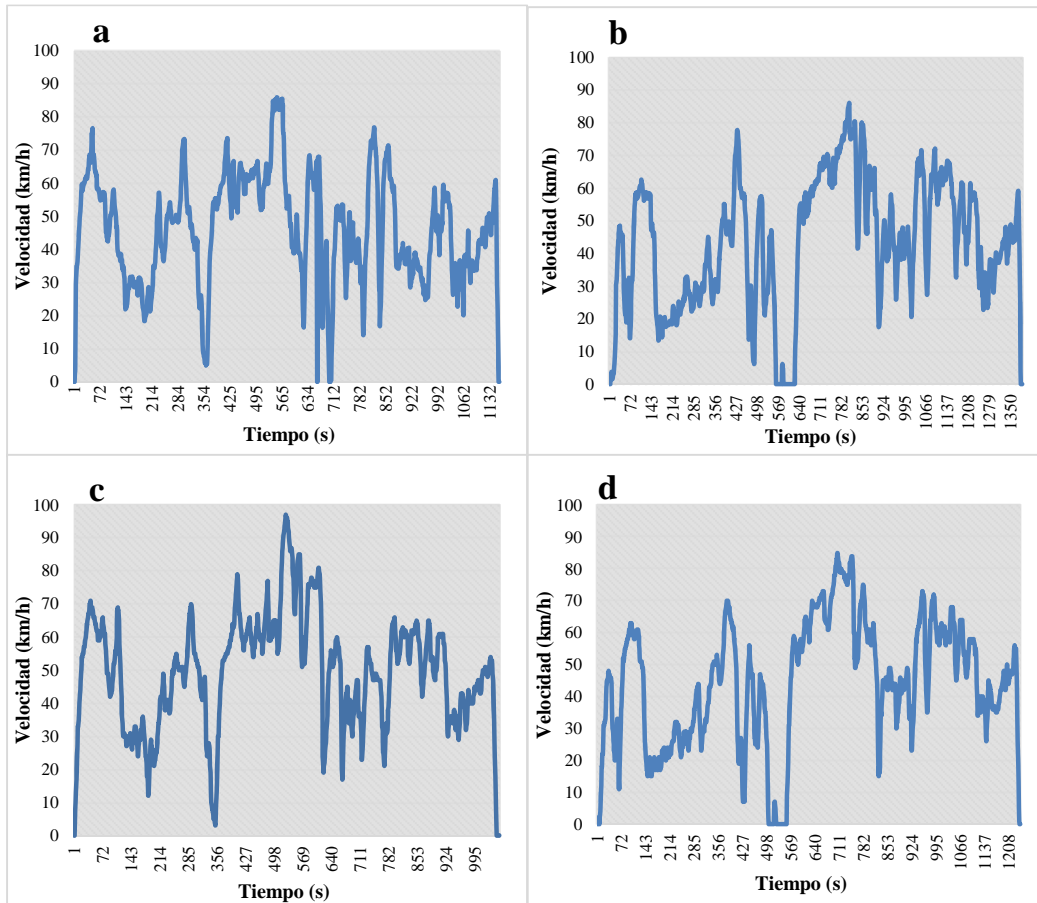
#### 3.1. Resultados de la prueba dinámica.

El presente capítulo muestra todas las gráficas obtenidas de los datos segundos a segundo en tiempo real de los cuatro vehículos: Chevrolet Emotion 2008, Chevrolet Aveo Activo 2009, Chevrolet Sail 2013 y 2018 que son sometidas a cuatro pruebas con gasolina extra 87 octanos con y sin aditivos. Estas pruebas son realizadas bajo condiciones similares en hora, peso y condiciones de tráfico en ruta. Las 16 pruebas realizadas dan como resultado diferentes datos de los ciclos de conducción como: Velocidad, RPM y el consumo de combustible.

##### 3.1.1. Ciclos de conducción sin aditivo.

Los vehículos 2 y 3 son sometidos a cuatro pruebas sin aditivo donde el combustible Extra es la principal causa para determinar el consumo de combustible mediante los ciclos de conducción. Los ciclos de conducción son técnicas, pasos y procesos de comportamiento que los conductores pueden realizar durante y después de un recorrido de un vehículo (Leguísamo, Llanes Cedeño & Rocha Hoyo, 2018). En el Gráfico 1-3a muestra el ciclo de conducción en carretera con combustible Extra comercial sin aditivo del vehículo 1 donde se consigue una velocidad máxima de 85.94 Km/h, esta prueba tuvo una duración de 21min con 35seg obteniendo 1158 datos. El Gráfico 1-3 b muestra el ciclo de conducción del vehículo 1 en carretera en condiciones similar que la anterior donde la velocidad máxima es de 86.04 km/h en un tiempo de 23 minutos con 12 segundos obteniendo 1390 datos. El Gráfico 1-3c muestra el ciclo de conducción de vehículo 2 con carburante extra sin aditivo donde la velocidad máxima es de 94.98 Km/h en un tiempo de 20 minutos con 50 segundos obteniendo 1056 datos. El Gráfico 1-3d muestra el ciclo de conducción del vehículo 2 con similares condiciones donde el valor máximo de velocidad es de 84.98 km/h en un tiempo de 22 minutos con 54 segundos.



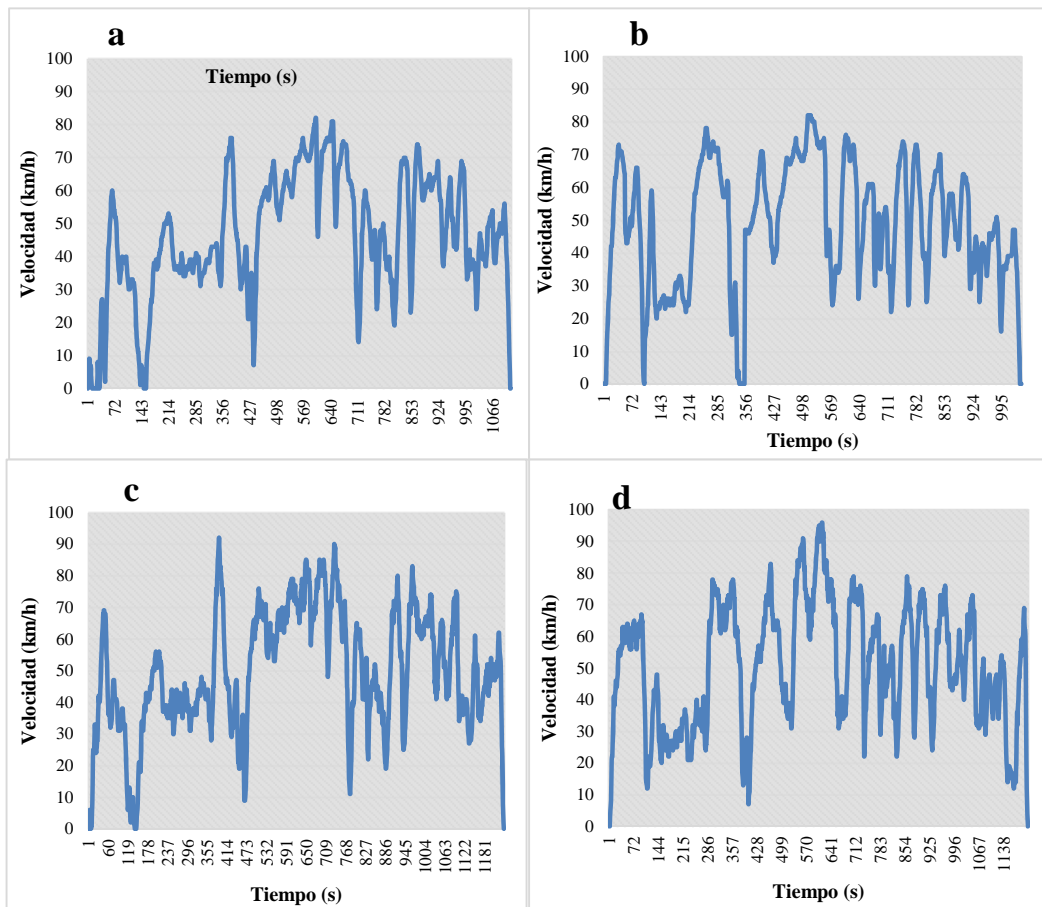


**Gráfico 1-3:** Prueba sin aditivo 3 y 4 - (a, b) Chevrolet Active 2009- (c, d) Chevrolet Sail 2013

**Realizado por:** Toalombo, B. & León, M., 2021.

El Gráfico 2-3 muestra los ciclos de conducción de los vehículos 3 y 4 los cuales fueron sometidos a 4 pruebas sin aditivo obteniendo los siguientes resultados. En el Gráfico 2-3a indica el ciclo de conducción del vehículo 3 con carburante Extra sin aditivo alcanzando una velocidad máxima de 81.99 km/h en un tiempo de 21 minutos con 17 segundos obteniendo 1113 datos, mientras que en el Gráfico 2-3b indica la prueba 2 del mismo vehículo alcanzando una velocidad máxima en carretera de 81.99 km/h en un tiempo de 20 minutos con 9 segundos con un total de 1045 datos. El Gráfico 2-3c indica la primera prueba realizada para el vehículo 4 alcanzando una velocidad máxima de 92.01 Km/h en un tiempo de 20 minutos con 43 segundos obteniendo 1238 datos; mientras que la segunda prueba en el mismo vehículo Gráfico 2-3d indica que la velocidad

máxima alcanzada es de 95.99 km/h en un tiempo de 20 minutos con 5 segundos obteniendo 1207 datos.



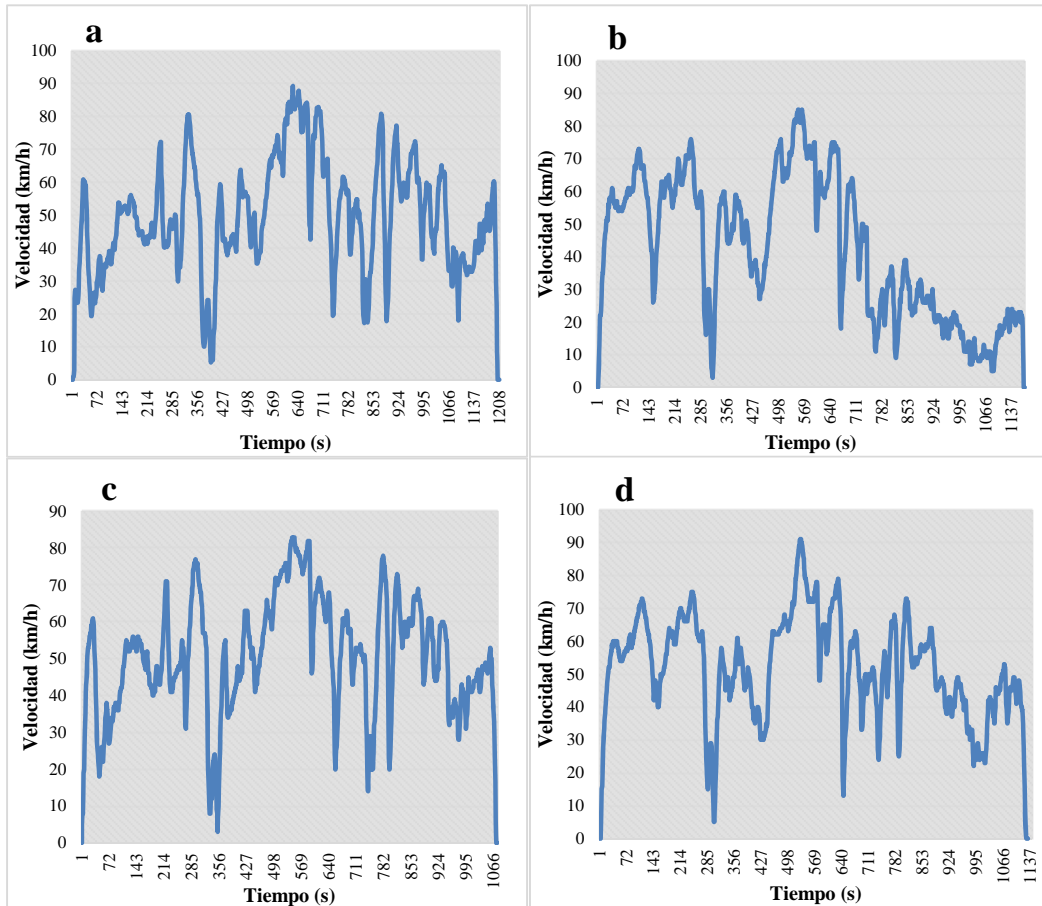
**Gráfico 2-3:** Prueba sin aditivo 3 y 4 - (a, b) Chevrolet Activo 2009– (c, d) Chevrolet Sail 2013

Realizado por: Toalombo, B. & León, M., 2021.

### 3.1.2. Ciclos de conducción con aditivo

Diferentes fabricantes de vehículos han determinado que se puede reducir el consumo de combustible y las emisiones de gases contaminantes mediante el uso de aditivos de combustible y la forma de conducción del vehículo (Leguísamo, Llanes Cedeño & Rocha Hoyos, 2018). El Gráfico 3-3a indica los ciclos de conducción del vehículo 1 cuando al combustible extra se le añade aditivo teniendo una velocidad máxima de 89.30 km/h en un tiempo de 20 minutos con 9 segundos obteniendo 1209 datos, mientras que en la prueba 2 del mismo vehículo representada en el Gráfico 3-3b la velocidad máxima es de 86.03 km/h en un tiempo de 23 minutos con 12 segundos con un total de 1390 datos. El Gráfico 3-3c muestra el ciclo de conducción del vehículo 2 con aditivo alcanzando una velocidad máxima de 82.97 km/h en un tiempo de 20 minutos con

0 segundos obteniendo 1075 datos, mientras que en la segunda prueba representada en el Gráfico 3-3d la velocidad máxima es de 90.97 km/h en un tiempo de 23 minutos con 18 segundos con un total de 1143 datos.

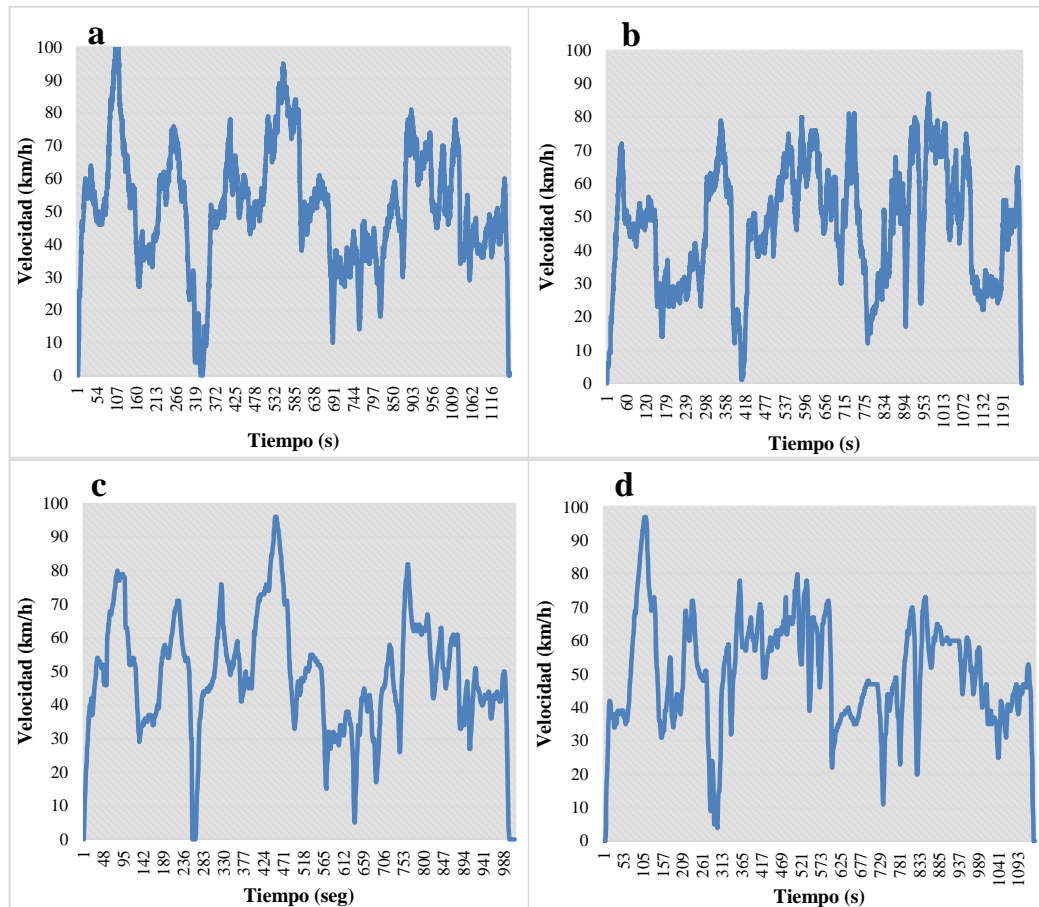


**Gráfico 3-3:** Prueba con aditivo 1 y 2 - (a, b) Chevrolet Activo 2009 – (c, d) Chevrolet Sail 2013

**Realizado por:** Toalombo, B. & León, M., 2021.

El Gráfico 4-3a muestra el ciclo de conducción para el vehículo 3 el cual tuvo una velocidad máxima 95.99 km/h en un tiempo de 20 minutos con 28 segundos obteniendo 1013 datos, mientras que la segunda prueba el mismo vehículo con las mismas condiciones obtuvo una velocidad de 96.99 km/h en un tiempo de 1136 segundos. El Gráfico 4-3b muestra el ciclo de conducción del vehículo 4 en donde la velocidad máxima es de 96.99 km/h en un tiempo de 19 minutos con 15 segundos con un total de 1164 datos. El Gráfico 4-3c representa el ciclo de conducción del vehículo 4 con aditivo, el cual tuvo una velocidad máxima de 106.01Km/h en un tiempo de 20 minutos con 6 segundos con un total de 1207 datos, mientras que en el Gráfico 4-3d representa la

segunda prueba con aditivo teniendo una velocidad máxima 87 Km/h en un tiempo de 21 minutos con 32 segundos 1247 datos.

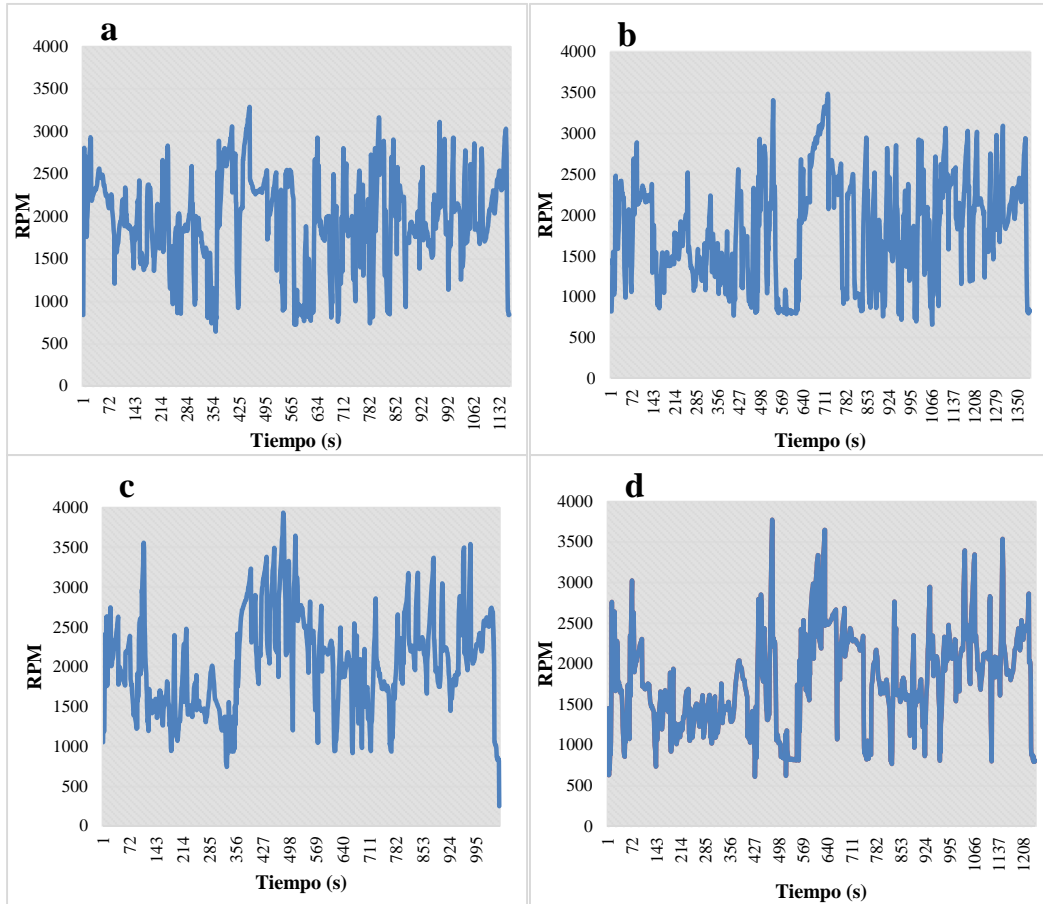


**Gráfico 4-3:** Prueba con aditivo 3 y 4 - (a, b) Chevrolet Activo 2009– (c, d) Chevrolet Sail 2013

Realizado por: Toalombo, B. & León, M., 2021.

### 3.1.3. RPM vs Tiempo sin aditivo.

Las RPM conocido también como velocidad de giro es un factor muy importante para determinar la presencia de gases contaminantes en el vehículo (Néstor et al., 2017). En el Gráfico 5-3a muestra las Rpm del vehículo 1 la cual su valor máximo fue de 3339 ocurrido en el segundo 1275, mientras que para la prueba 2 se ilustra en el Gráfico 5-3b, la RPM máxima es de 3484.5 en el tiempo de 721 segundos El Gráfico 5-3c indica las RPM que el vehículo 3 alcanzó en la prueba uno de carretera, esta fue de 3339 obtenida en el segundo 1275, mientras que para la prueba 2 representada en el Gráfico 5-3d con el mismo vehículo y en mismas condiciones las RPM máximas fue de 3497.25 en el tiempo de 1247 segundos.

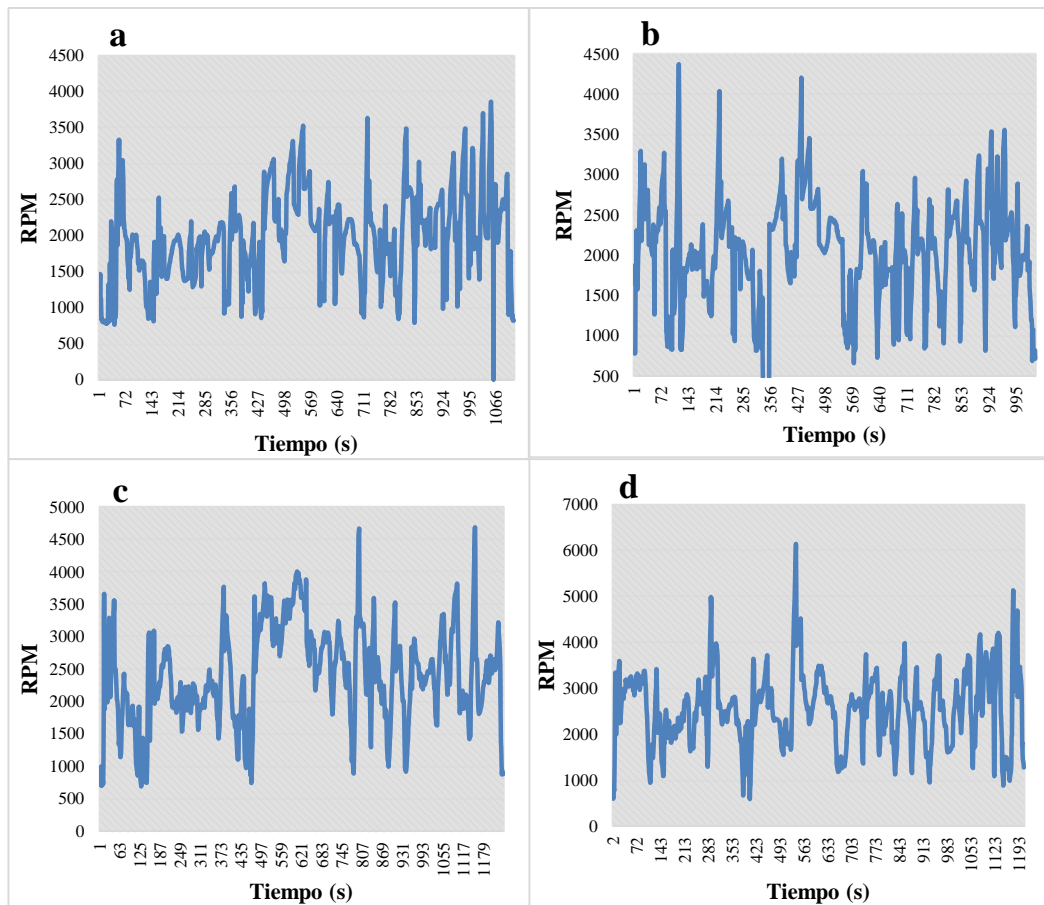


**Gráfico 5-3:** RPM Prueba sin aditivo 1 y 2 - (a, b) Chevrolet Activo 2009 – (c, d) Chevrolet Sail 2013.

**Realizado por:** Toalombo, B. & León, M., 2021.

En el Gráfico 6-3a muestra las RPM del vehículo 3 en la primera prueba en donde su RPM máximas es de 3863 en el segundo de 1053, mientras que en la prueba 2 Gráfico 6-3b en el mismo vehículo las RPM máximas es de 4373.5 en el segundo 117. El Gráfico 6-3c indica la primera prueba realizada al vehículo 4 donde 4373.5 es la RPM máximas alcanzadas en el segundo 117,

mientras que en la prueba 2 se visualiza en el Gráfico 6-3d con el mismo vehículo las máximas RPM es 6143.75 en el segundo 539.



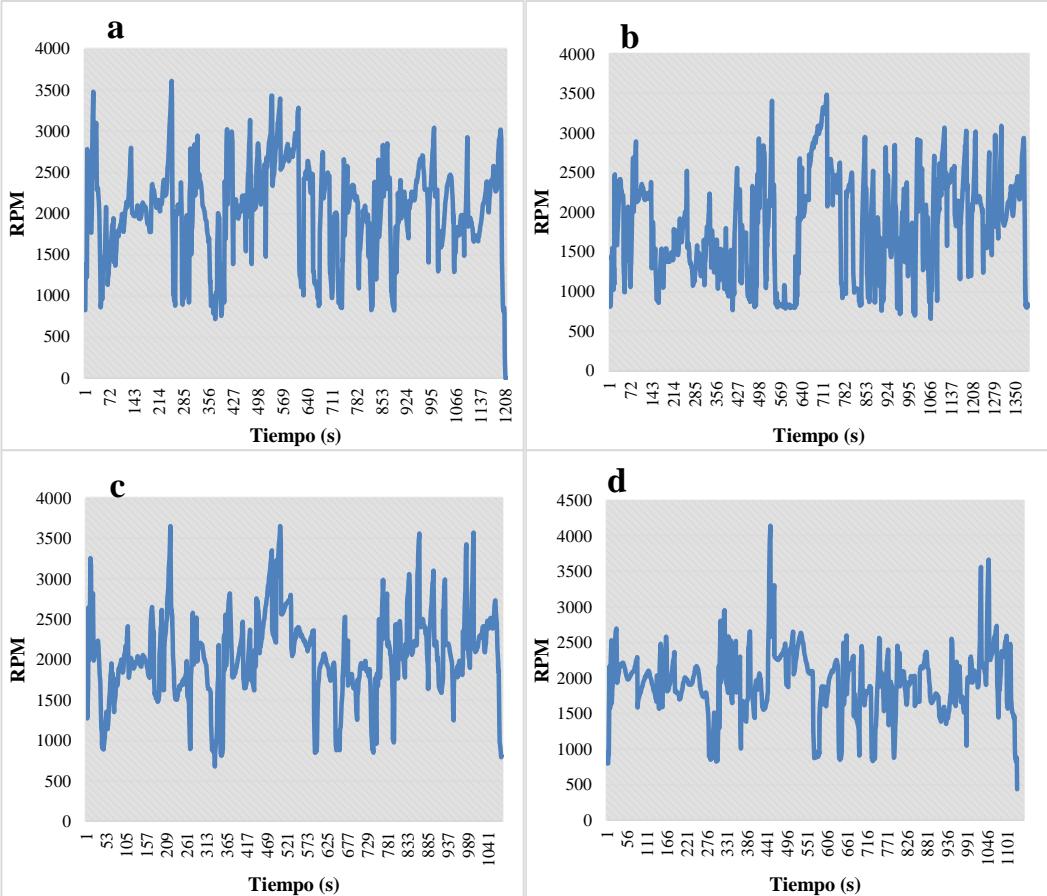
**Gráfico 6-3:** RPM Prueba sin aditivo 1 y 2 -(a, b) Chevrolet Emotion 2008 -(c, d) Chevrolet Sail 2018.

**Realizado por:** Toalombo, B. & León, M., 2021.

### 3.1.4. RPM vs Tiempo Con aditivo

El régimen de giro genera el trabajo y el rendimiento del motor, pero no es igual en todos los casos, es decir, a elevadas revoluciones o régimen de giro el llenado de los cilindros es completa debido al escaso tiempo que dispone el combustible en ocupar el llenado de la cámara de combustión mientras que a bajas revoluciones la mezcla de aire-combustible no es la ideal esto debido a que no ocupa el gas completamente la cámara de combustión, produciendo un mal rendimiento del motor (Castillo, Rojas & Martínez, 2017). El Gráfico 7-3a muestra las RPM que tuvo el primer vehículo en la primera prueba alcanzando una RPM máximas de 3609 en un tiempo de 249 segundos, mientras que para la segunda prueba Gráfico 7-3b el vehículo tuvo una RPM máximas de 3484.5 en el tiempo de 721 segundos. El Gráfico 7-3c muestra la primera prueba del vehículo 2 donde las RPM máximas son de 3657 en un tiempo de 218 segundos, mientras que en

el Gráfico 7-3d se tiene la representación de la segunda prueba con el mismo vehículo las RPM máximas alcanzadas es de 4146.5 en el tiempo de 449 segundos.

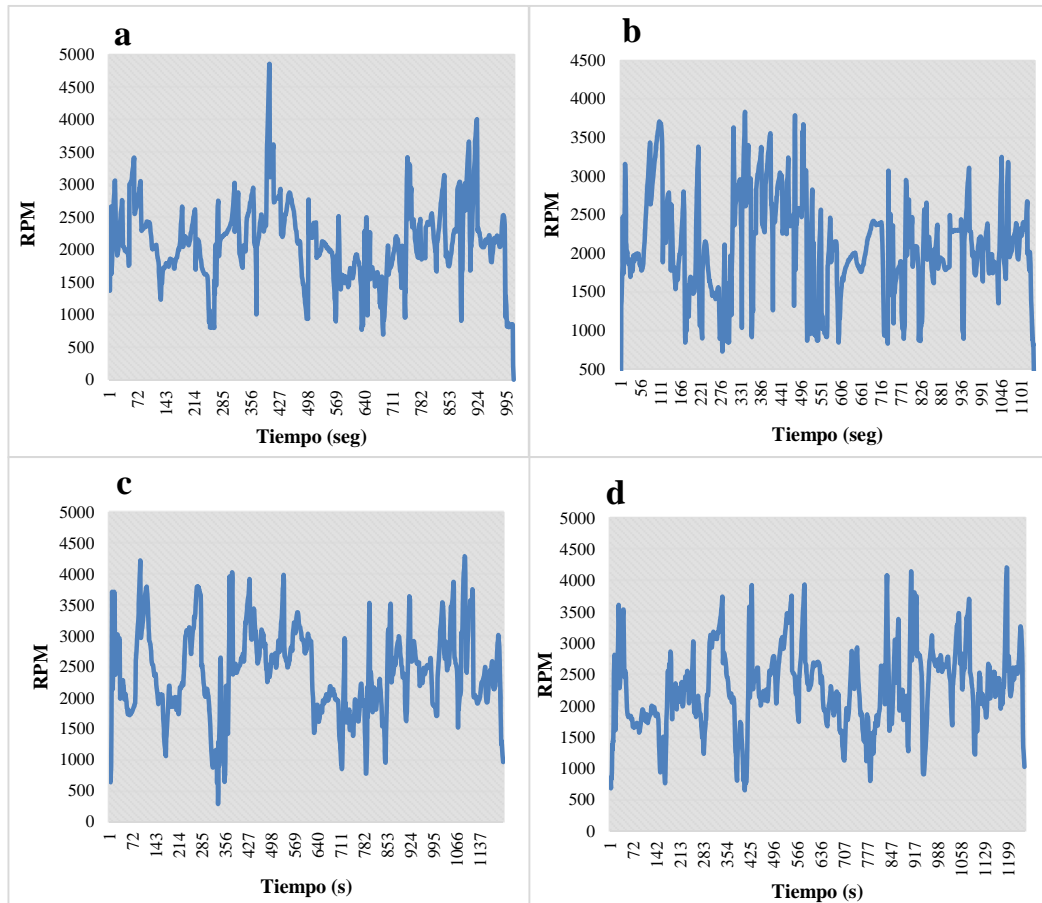


**Gráfico 7-3:** RPM Prueba con aditivo 1 y 2 -(a, b)Chevrolet Activo 2009-(c, d)Chevrolet Sail 2013.

**Realizado por:** Toalombo, B. & León, M., 2021.

En el Gráfico 8-3a muestra las RPM del vehículo 3 el cual tuvo un máximo de 4860.8 el cual se produjo en el tiempo de 401 segundos, mientras que para la segunda prueba Gráfico 8-3b el mismo vehículo con similares condiciones tuvo una Rpm máximas de 3832.3. El Gráfico 8-3c muestra las RPM del vehículo 4 mediante un ciclo de conducción el cual fue su máximo de 4294.25 en un tiempo de 1089 segundos, mientras que para la segunda prueba Gráfico 8-3d el mismo vehículo con condiciones similares alcanzando unas RPM máximas de 4216.25 en un tiempo de 1193 segundos.





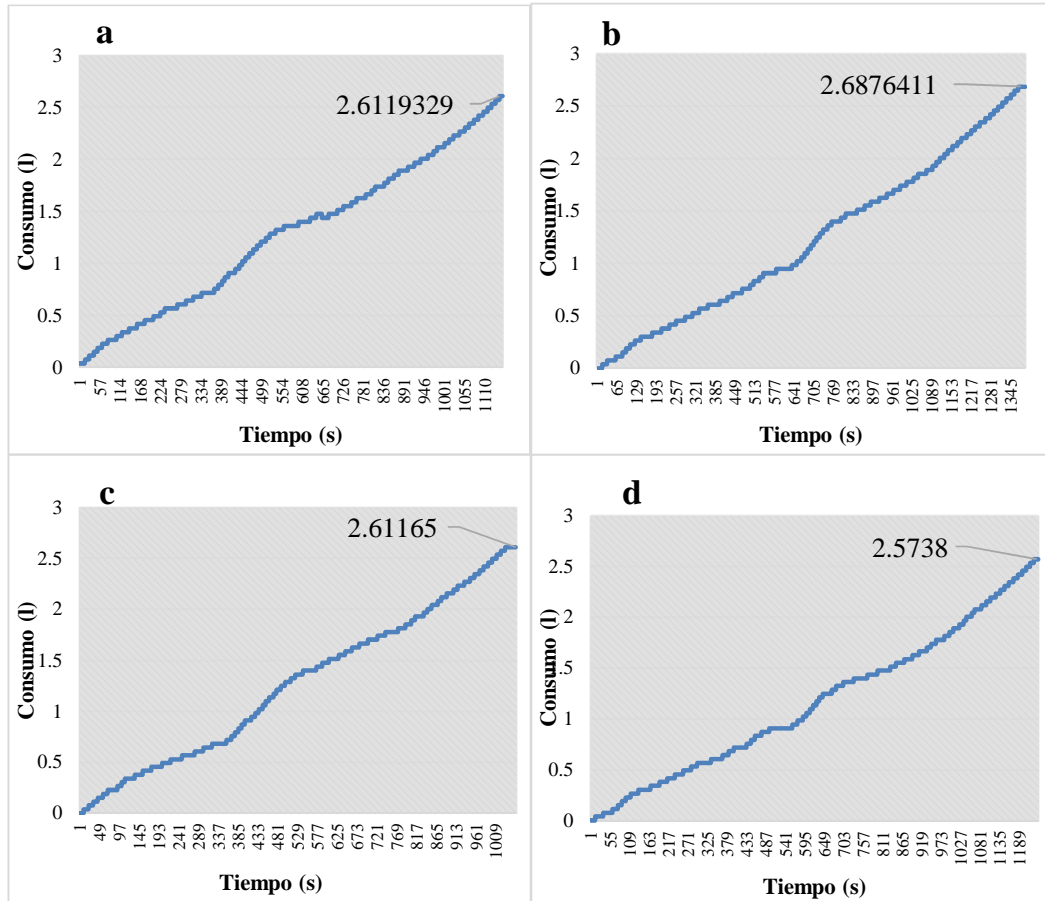
**Gráfico 8-3:** RPM Prueba con aditivo 1 y 2 - (a, b) Chevrolet Emotion 2008 – (c, d) Chevrolet Sail 2018

**Realizado por:** Toalombo, B. & León, M., 2021.

### 3.1.5. Consumos de combustible sin aditivo.

Las investigaciones y desarrollo de vehículos a combustión interna se ha vuelto una necesidad ya que se puede economizar la energía y elevar la eficiencia del motor. Realizar esto ha conllevado a la reformulación de combustible o en otro caso utilizar combustibles alternos (Castillo, Rojas & Martínez, 2017). En el Gráfico 9-3a muestra la primera prueba realiza sin el uso de aditivo al vehículo 1 indicando que tuvo un consumo de 2.61 litros, mientras que en la segunda prueba del vehículo 1 representada en el Gráfico 9-3b aumenta el consumo a 2.68 litros en el recorrido completo. El Gráfico 9-3c indica la prueba realizada en el vehículo 2 con similares condiciones de tiempo, temperatura y peso, donde el consumo de combustible es de 2.61, mientras que para la prueba 2 en el mismo vehículo representada en el Gráfico 9-3d tuvo uno consumo de combustible de 2.57 litros en el recorrido total.

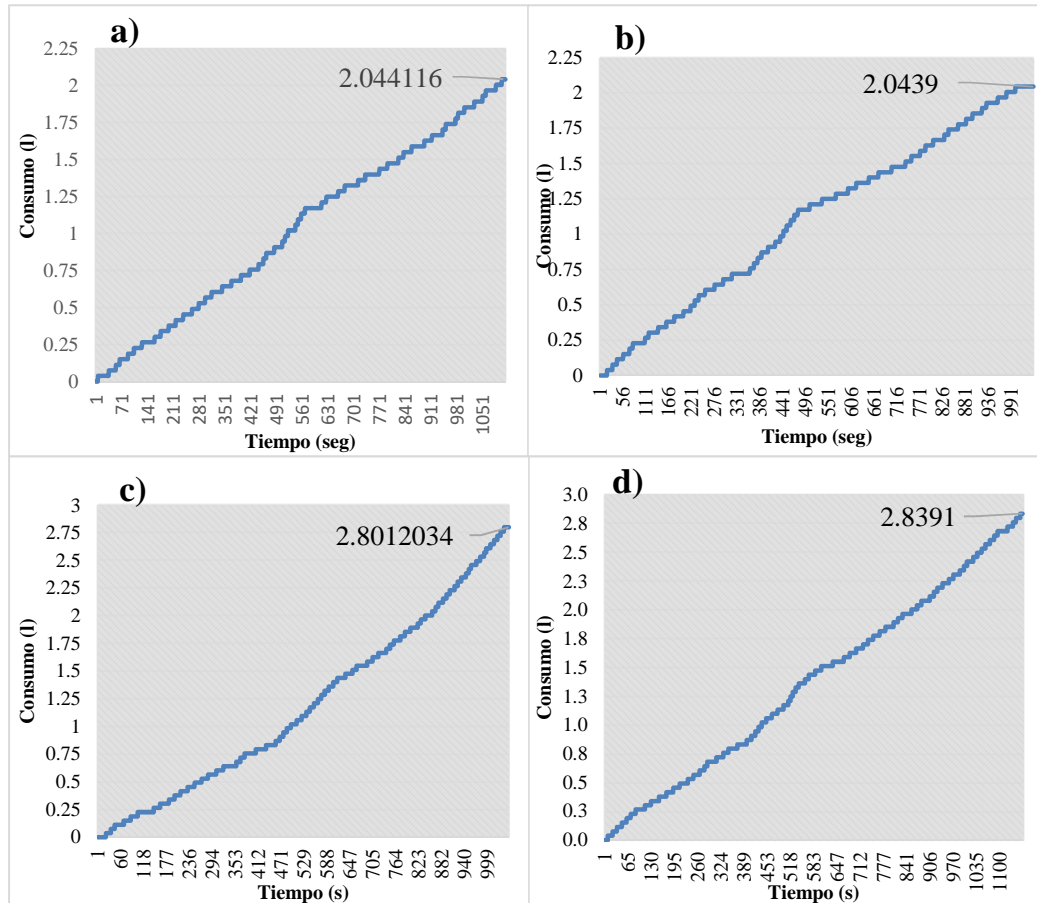




**Gráfico 9-3:** Consumo Prueba sin aditivo 1 y 2 - (a, b) Chevrolet Activo 2009 – (c, d) Chevrolet Sail 2013.

**Realizado por:** Toalombo, B. & León, M., 2021.

El Gráfico 10-3a muestra el consumo de combustible del vehículo3 su valor es 2.044 litros, mientras que la segunda prueba Gráfico 10-3b con el mismo vehículo tuvo un consumo de combustible de 2.04 litros. El Gráfico 10-3c muestra el consumo de combustible del vehículo 4 el cual tuvo un valor de 2.80 l, mientras que para la segunda prueba Gráfico 10-3d el vehículo tuvo un consumo de combustible de 2.84 litros en el recorrido total.

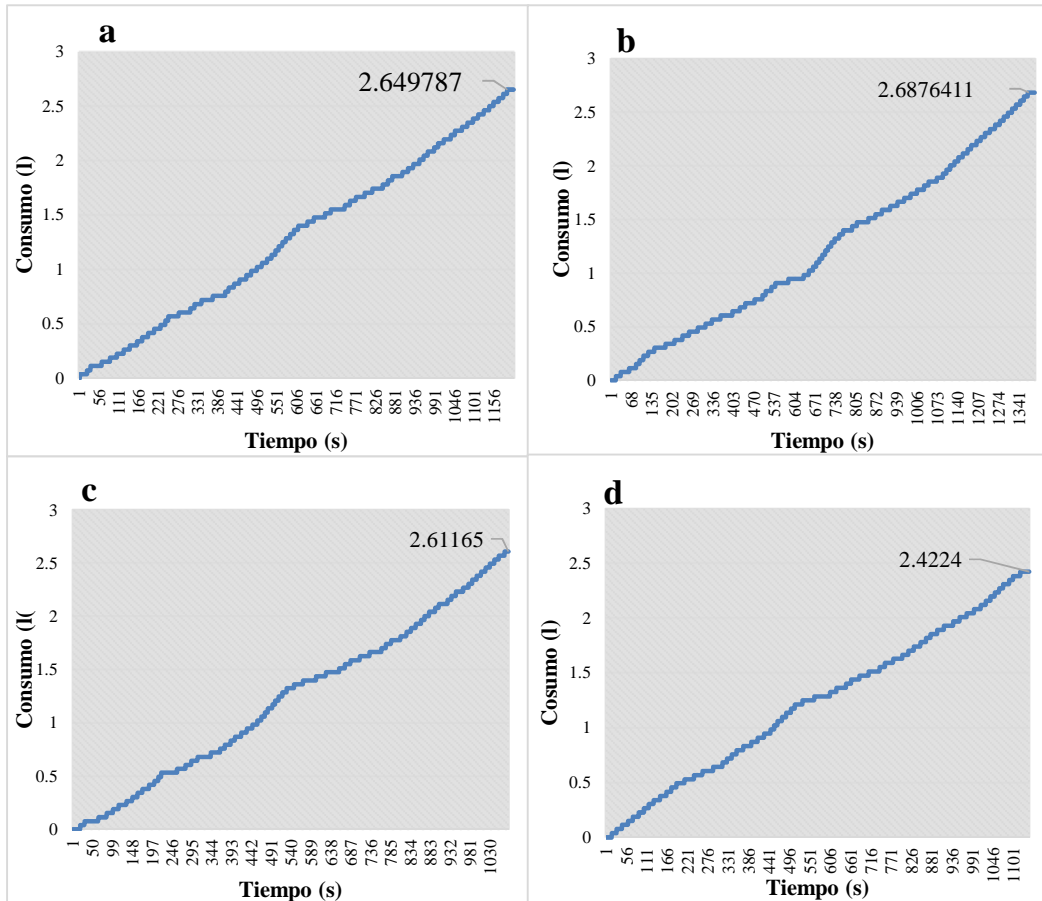


**Gráfico 10-3:** Consumo Prueba sin aditivo 1 y 2-(a, b) Chevrolet Emotion 2009-(c, d) Chevrolet Sail 2018.

Realizado por: Toalombo, B. & León, M., 2021.

### 3.1.6. Consumo de combustible con Aditivo

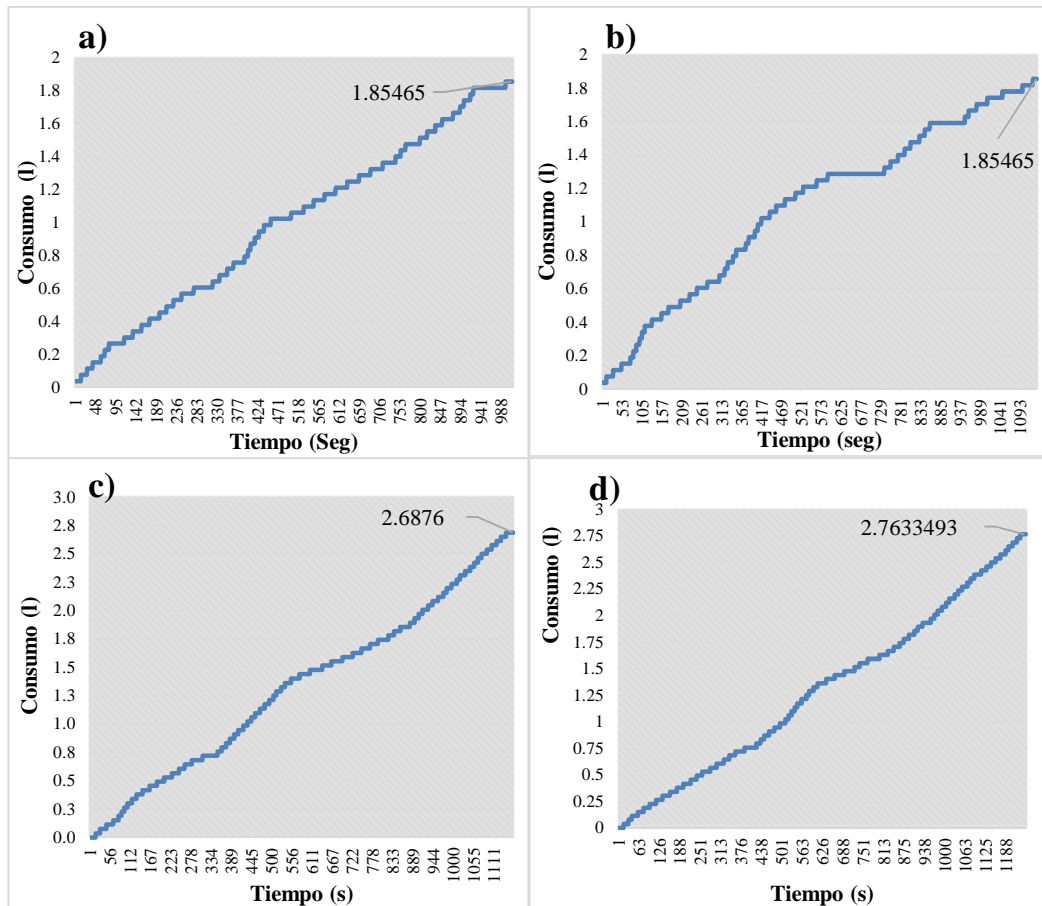
Los aditivos de combustible mejoran el rendimiento y la eficiencia, además de proteger a las piezas del motor prolongando su vida útil. En el Gráfico 11-3a muestra el consumo de combustible de la primera prueba realizada del vehículo 1 la cual tuvo un valor de 2.65 litros, mientras que en la segunda prueba el vehículo representado en el Gráfico 11-3b tuvo un consumo de 2.69 litros. El Gráfico 11-3c muestra el consumo de combustible de la primera prueba del vehículo 2 el cual tuvo un valor de 2.61, mientras que en la segunda prueba representada en el Gráfico 11-3d el consumo es de 2.42 litros durante el recorrido completo.



**Gráfico 11-3:** Consumo Prueba con aditivo 1 y 2 - (a, b) Chevrolet Activeo 2009 – (c, d) Chevrolet Sail 2013.

**Realizado por:** Toalombo, B. & León, M., 2021.

En el Gráfico 12-3a muestra el consumo de combustible de vehículo 3 de la primera prueba con aditivo el cual tiene un valor de 1.85 litros, mientras que en la segunda prueba mostrada en el Gráfico 12-3b el consumo de combustible es 1.85 litros. El Gráfico 12-3c muestra el consumo de combustible del vehículo 4 en la prueba 1 con aditivo, el cual tiene un valor de 2.68 litros mientras que en la segunda prueba mostrada en el Gráfico 12-3d el consumo de combustible es 2.76 en el recorrido completo.



**Gráfico 12-3:** Prueba con aditivo 1 y 2 -(a, b) Chevrolet Emotion 2009 -(c, d) Chevrolet Sail 2018.

Realizado por: Toalombo, B. & León, M., 2021.

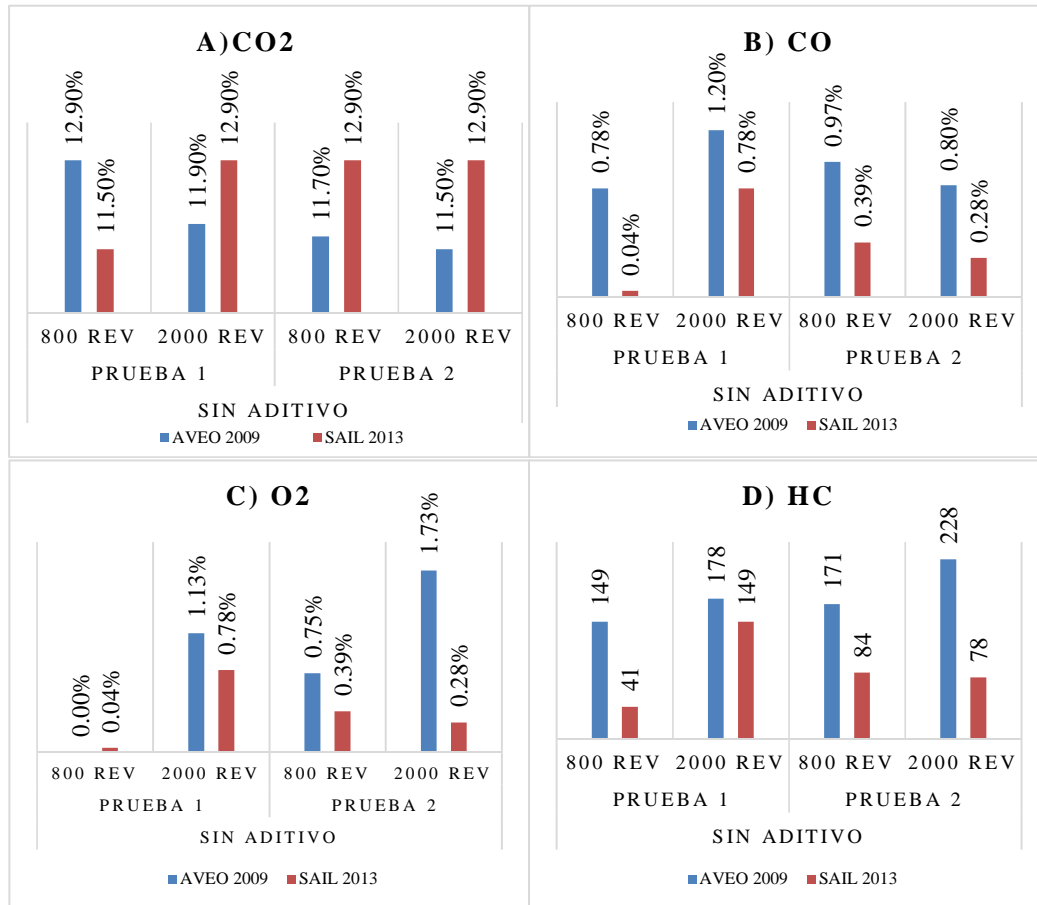
### 3.2. Resultados obtenidos de emisiones.

En esta sección se encuentran los valores obtenidos de las pruebas evaluadas estáticamente a los vehículos 1, 2, 3 y 4 con un régimen de 800 RPM y 2000 RPM luego de cada ciclo de conducción, es decir que existen de igual forma cuatro pruebas, dos sin aditivos y dos con aditivos para cada vehículo. De manera resumida se agrupan 4 gráficas representando las cuatro variables obtenidas como son las de CO<sub>2</sub>, CO, O<sub>2</sub> y HC que son los datos que el equipo analizador proporciona para el presente estudio.

#### 3.2.1. Emisiones sin aditivo

En el Gráfico 13-3 se presentan los datos de los vehículos 1 y 2 sin la presencia de aditivos en su combustión, los cuales se someten a realizar la prueba planteada con anterioridad. En el Gráfico 13-3a se tienen los valores de %CO<sub>2</sub>, la Gráfica 13-3b corresponden a los valores de %CO, el

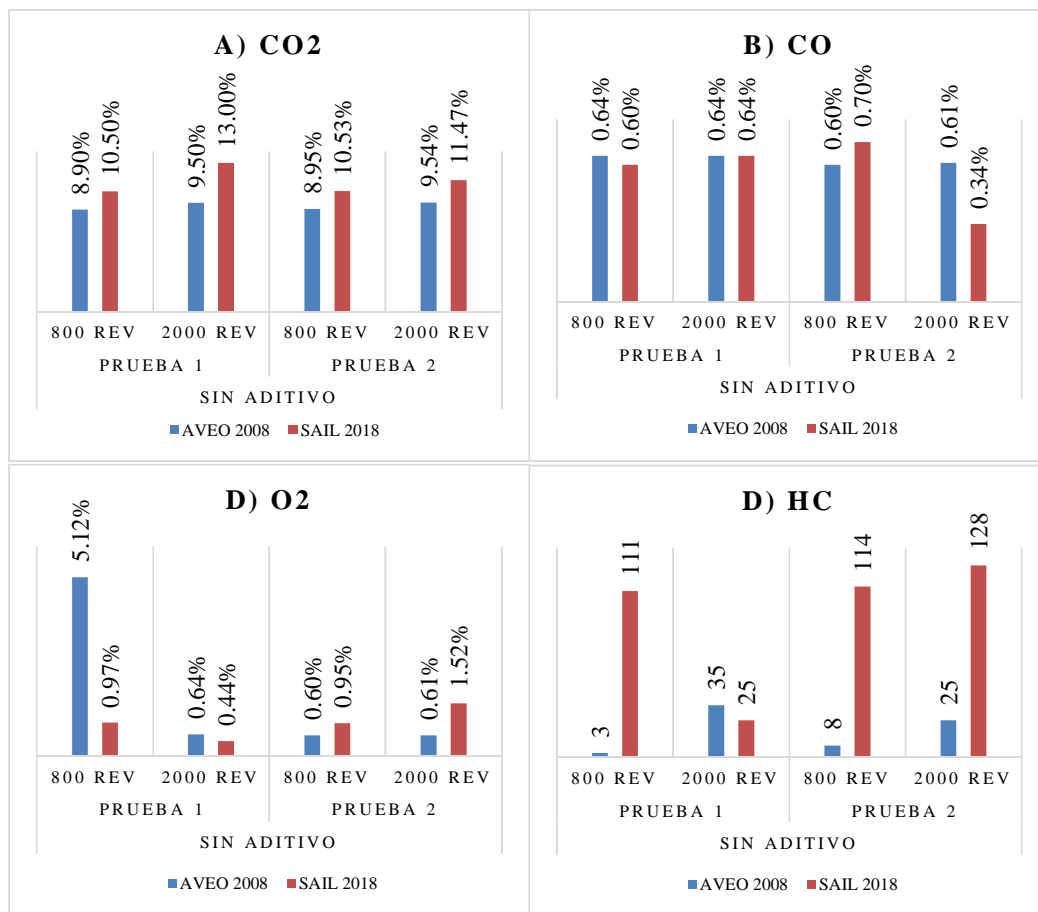
Gráfico 13-3c corresponde a los valores de %O<sub>2</sub> y finalmente el Gráfico 13-3d representan los valores de HC en ppm, Cada sección presenta en su lado izquierdo la prueba 1 correspondiente al día del primer ciclo de conducción y en su lado derecho se tiene la prueba 2 correspondiente al día del segundo ciclo de conducción a los 800 rev y 2000 rev.



**Gráfico 13-3:** Emisiones sin aditivo de la prueba 1 y prueba 2-Vehículo 1 y 2.

**Realizado por:** Toalombo, B. & León, M., 2021.

Por otro lado, el Gráfico 14-3 presenta los valores de los vehículos 3 y 4 sin la presencia de aditivos en su combustión al finalizar las pruebas. En la parte izquierda se representan las pruebas 1 y en la sección derecha se tienen los resultados de la prueba 2. Con sus respectivos valores a 800rev y a 2000rev. El Gráfico 14-3A corresponden a los valores de %CO<sub>2</sub>, el Gráfico 14-3B corresponde a los valores de %CO, en cuanto el Gráfico 14-3C presentan los datos de %O<sub>2</sub> y finalmente el Gráfico 14-3D son los Hidrocarburos en ppm. De manera inusual aparece un 5,12% de O<sub>2</sub> en la prueba 1 a 800 REV lo que despierta interés en la calidad de combustión del vehículo, la cual será analizada en puntos posteriores con los demás datos obtenidos referentes al vehículo 1.

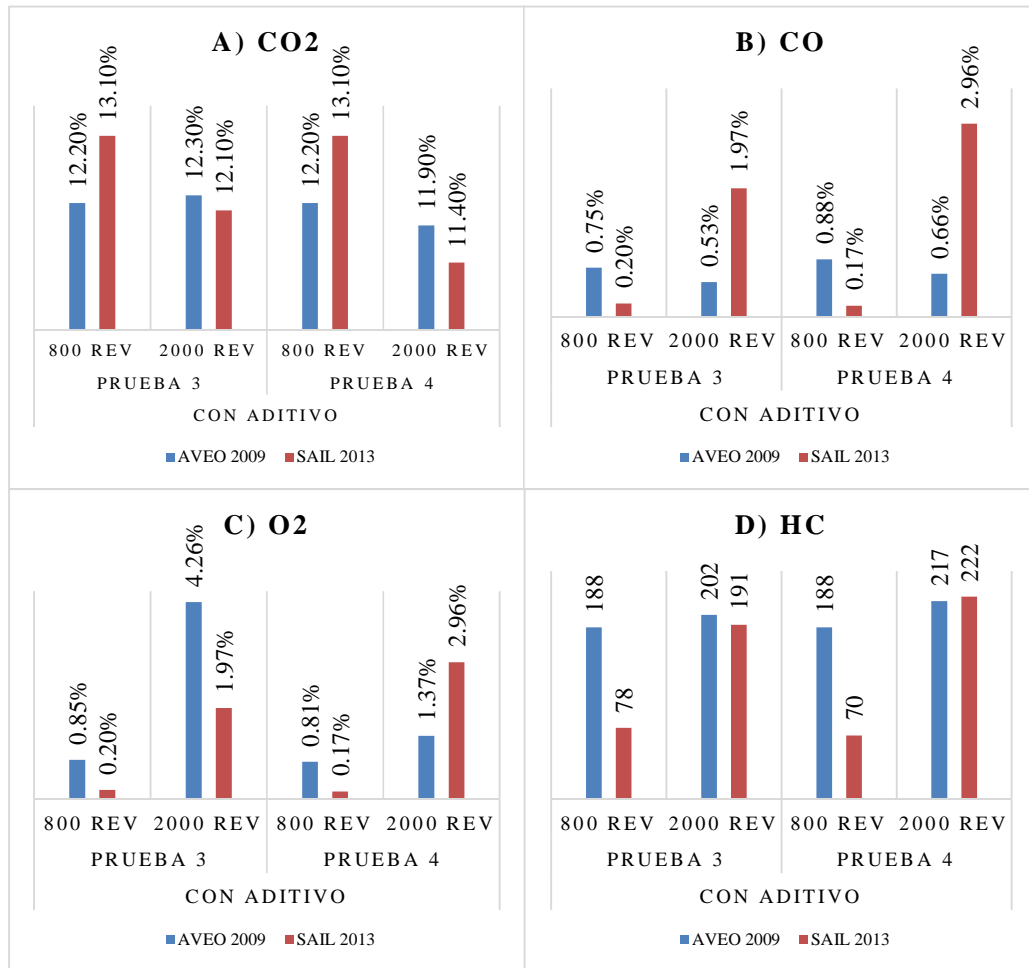


**Gráfico 14-3:** Emisiones sin aditivo de la prueba 1 y prueba 2-Vehículo 3 y 4.

Realizado por: Toalombo, B. & León, M., 2021.

### 3.2.2. Emisiones con aditivos

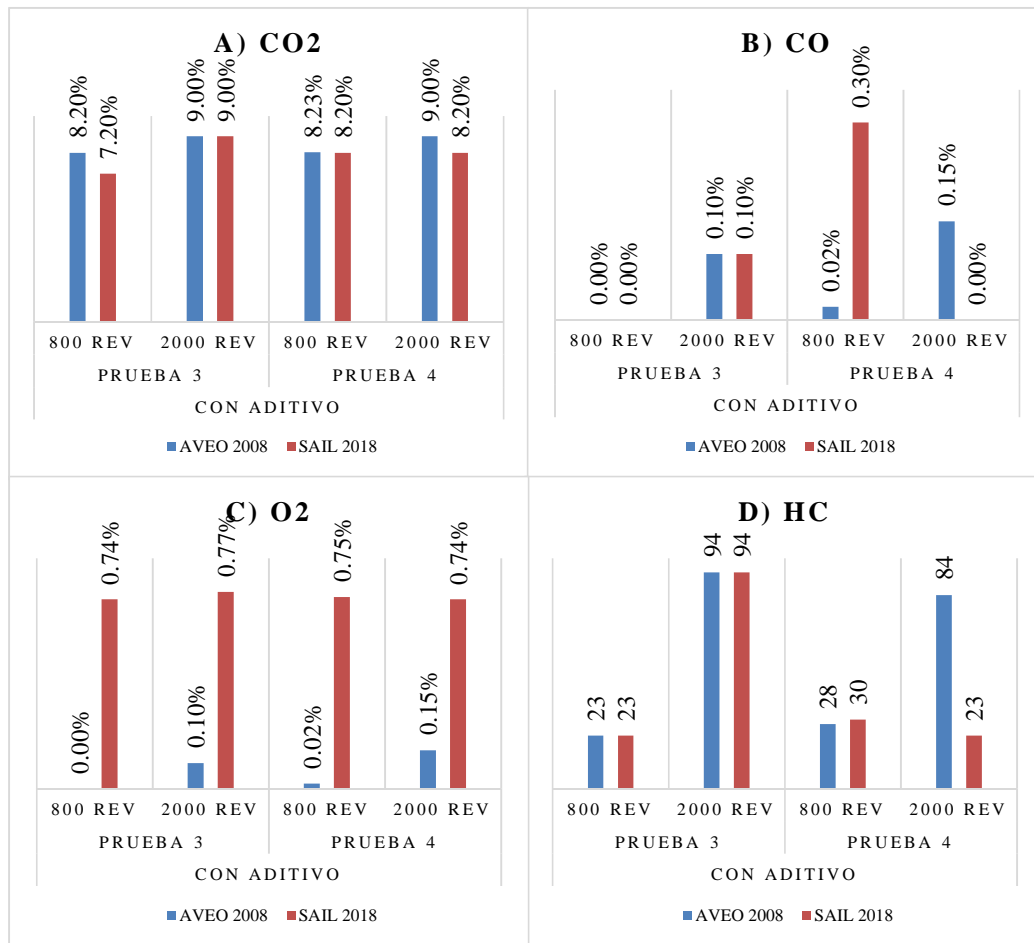
El Gráfico 15-3 ilustra los valores que se obtuvieron de las pruebas de emisiones de gases realizadas por los vehículos 1 y 2 usando aditivos en la mezcla de combustible con la finalidad de obtener un mejor rendimiento en la calidad de combustión, y así mismo obtener una reducción en los gases emitidos. Luego de inyectar una cantidad proporcional a la cantidad de combustible en el depósito, se efectuaron un recorrido de aproximadamente 17 Km para empezar con la obtención de las variables de interés para el estudio. En la parte izquierda se tiene los resultados de la prueba 3 mientras que en la sección derecha se tiene los resultados de la prueba 4 correspondientes a 800 rev y 2000 rev. En el Gráfico 15-3A los porcentajes de CO<sub>2</sub>, en el Gráfico 15-3B aparecen los valores de %CO, en el Gráfico 15-3C los valores de O<sub>2</sub> y finalmente en el Gráfico 15-3D están presentes los valores de HC en ppm.



**Gráfico 15-3:** Emisiones con aditivo de la prueba 3 y prueba 4-Vehículo 1 y 2.

**Realizado por:** Toalombo, B. & León, M., 2021.

El Gráfico 16-3 representan los valores obtenidos de los vehículos 1 y 2 luego de sus pruebas de conducción 3 y 4 planteadas correspondientes al uso de aditivos para su combustión. Se tiene el mismo orden y representación de sus secciones que en las gráficas anteriores, es decir el Gráfico 16-3A corresponde a CO<sub>2</sub>, el Gráfico 16-3B corresponden a valores de CO, el Gráfico 16-3C a valores de O<sub>2</sub> y finalmente en el Gráfico 16-3D representan los valores de HC en ppm.



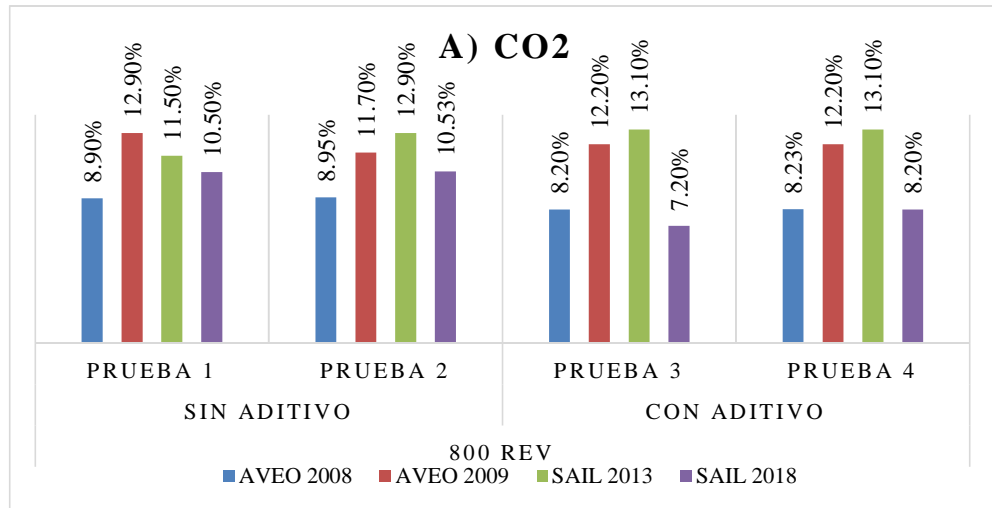
**Gráfico 16-3:** Emisiones con aditivo de la prueba 3 y prueba 4-Vehículo 3 y 4.

Realizado por: Toalombo, B. & León, M., 2021.

### 3.3. Análisis comparativo de emisiones de escape.

En el Gráfico 17-3 Se plantea una comparativa de los dos estados (con y sin aditivos) entre los cuatro vehículos con respecto a los valores de emisión de CO<sub>2</sub> cuando el motor estuvo en 800RPM. Este valor es un indicador de qué tan bien se está ejecutando la combustión dentro del motor. Para valores mayores a 13% se plantea que tiene una excelente mezcla aire-combustible, mientras que los valores menores al 12% podría empezarse a tener una incertidumbre sobre lo que está pasando a la interna del vehículo. Con esta aclaración se puede visualizar que los vehículos 3 y 4 presentan valores de consideración ya que están por debajo del 10%. En cuanto a los vehículos 1 y 2 se tienen valores aceptables muy cercanos al 12%. La presencia de aditivos sobre los vehículos 3 y 4 resultó perjudicial ya que disminuyó los valores porcentuales incrementando la deficiencia de sus combustiones, mientras que todo lo contrario ocurrió con los vehículos 1 y 2, los cuales aumentaron sus valores ofreciendo al vehículo una mejor combustión.

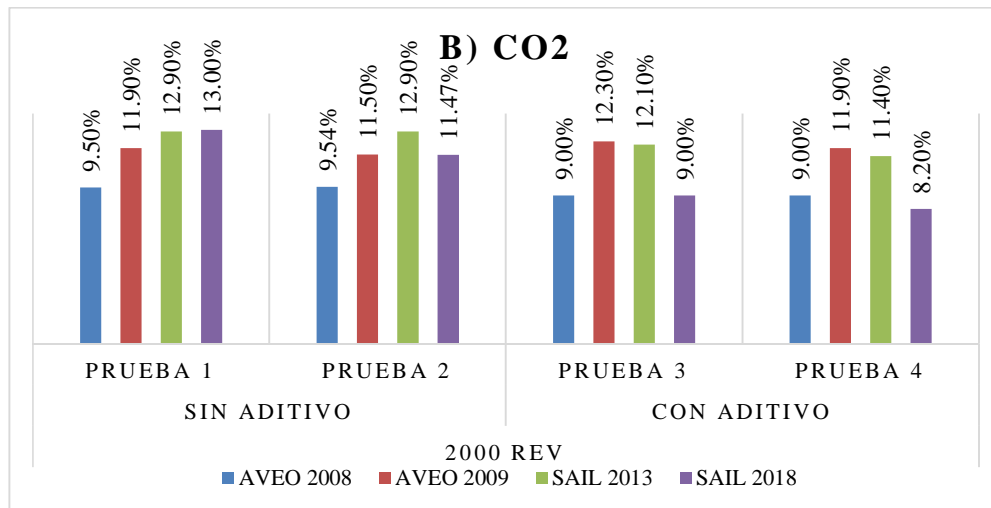




**Gráfico 17-3:** Comparativa de valores CO2 para los vehículos 1,2,3 y 4 para ambos estados a 800rev.

Realizado por: Toalombo, B. & León, M., 2021.

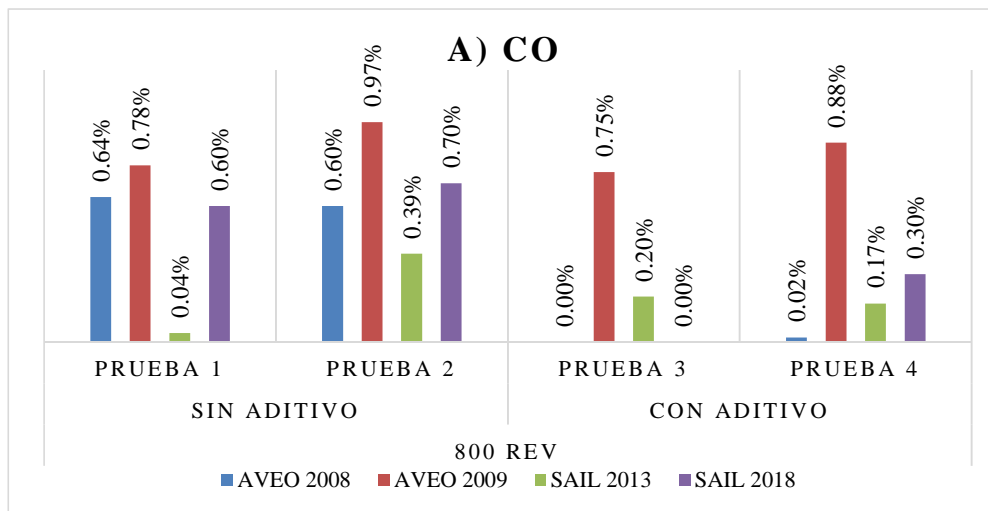
El Gráfico 18-3 representa lo misma que la gráfica anterior con el único cambio de ser evaluada cuando el motor estuvo en 2000 RPM. En esta condición los valores de CO2 tuvieron un mejor comportamiento al aumentar su porcentaje comparados con la gráfica 3-17. Sin embargo, el uso de aditivos tuvo la misma tendencia, es decir, para los vehículos 3 y 4 disminuyó sus porcentajes mientras que para el vehículo 1 y 2 tuvo una mínima mejora en sus valores.



**Gráfico 18-3:** Comparativa de valores CO2 para los vehículos 1,2,3 y 4 para ambos estados a 2000rev.

Realizado por: Toalombo, B. & León, M., 2021.

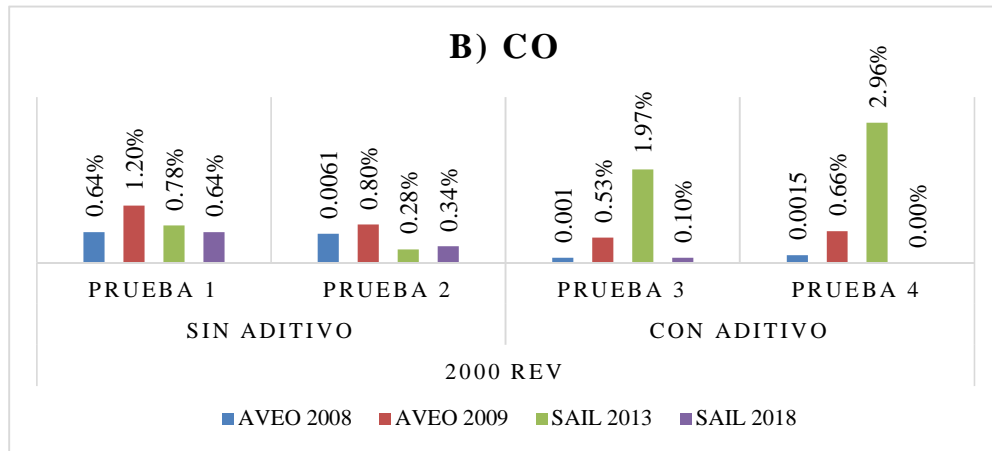
En cuanto al Gráfico 19-3 representa los valores porcentuales de CO de los vehículos 1, 2, 3 y 4 durante un régimen de 800 RPM. Dentro de esta variable se espera que vehículos con buena combustión presenten valores mayores a 0% y menores de 2%. Los valores de los cuatro vehículos sin aditivos se encuentran por debajo del 1% lo que representa tener una buena combustión, sin embargo, el uso de aditivos disminuyó los valores dando como resultado una mejor combustión. Tanto así que en el vehículo 2 y 3 llegan al 0% en las diferentes pruebas.



**Gráfico 19-3:** Comparativa de valores CO para los vehículos 1, 2, 3 y 4 para ambos estados a 800rev.

**Realizado por:** Toalombo, B. & León, M., 2021.

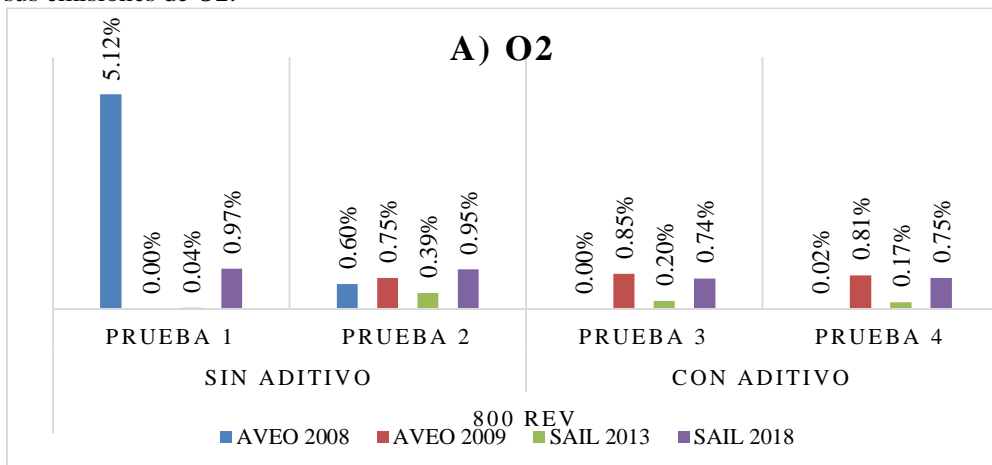
El Gráfico 20-3 presentan los valores porcentuales de los vehículos 1, 2, 3 y 4 correspondientes a un régimen de 2000RPM del motor. Dentro de los valores obtenidos se logra determinar que a mayores revoluciones hubo un aumento de %CO en los vehículos 1 y 3, mientras que los vehículos 2 y 4 tuvieron un comportamiento apropiado. Sin embargo, en el estado con aditivos se obtiene sobre el vehículo 2 un total de 1,97% y 2,96%, mientras que los otros vehículos reaccionaron correctamente con el aditivo al mejorar la calidad de sus combustiones.



**Gráfico 20-3:** Comparativa de valores CO para los vehículos 1, 2, 3 y 4 para ambos estados a 2000rev.

**Realizado por:** Toalombo, B. & León, M., 2021.

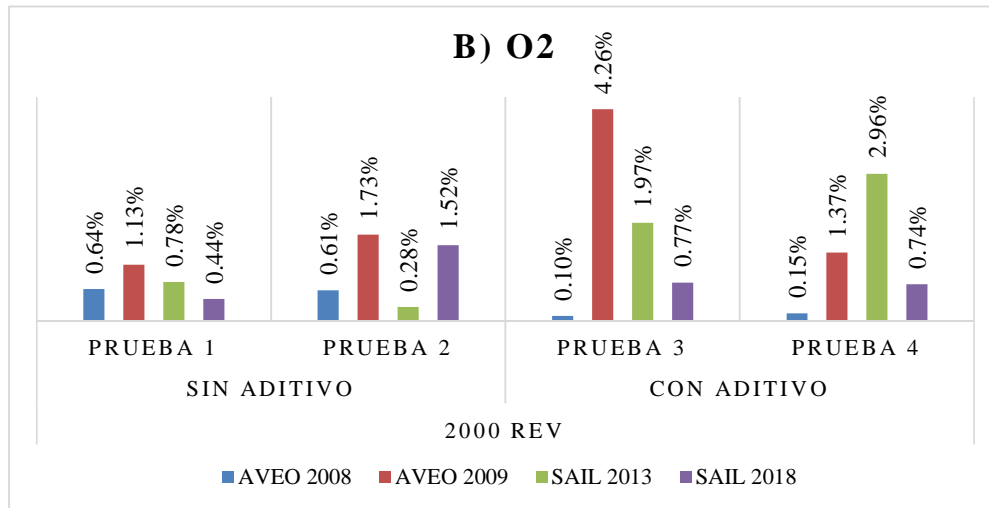
El Gráfico 21-3 corresponde a los valores de O<sub>2</sub> obtenidos de los vehículos 1, 2, 3 y 4 evaluados durante un régimen de 800 RPM. Este indicador posee una menor importancia con respecto a las demás variables debido a su nula contaminación, sin embargo, su valor representa el nivel de oxígeno liberado del motor. El rango aceptable está entre un 0% hasta en un 2.5% que son considerados como aceptables. Sabiendo esta premisa, solo existe un valor que está fuera de lo normal correspondiente al vehículo 3 con un 5,12% de O<sub>2</sub> sin el uso de componentes aditivos. Con respecto al uso de aditivos, sus valores porcentuales aumentaron ya que los aditivos poseen características de tipo oxigenador la cual es responsable de este comportamiento el cual es normal, pero se obtuvo el caso del mismo vehículo 3 que tomó otro comportamiento y es el de disminuir sus emisiones de O<sub>2</sub>.



**Gráfico 21-3:** Comparativa de valores O<sub>2</sub> para los vehículos 1, 2, 3 y 4 para ambos estados a 800rev.

**Realizado por:** Toalombo, B. & León, M., 2021.

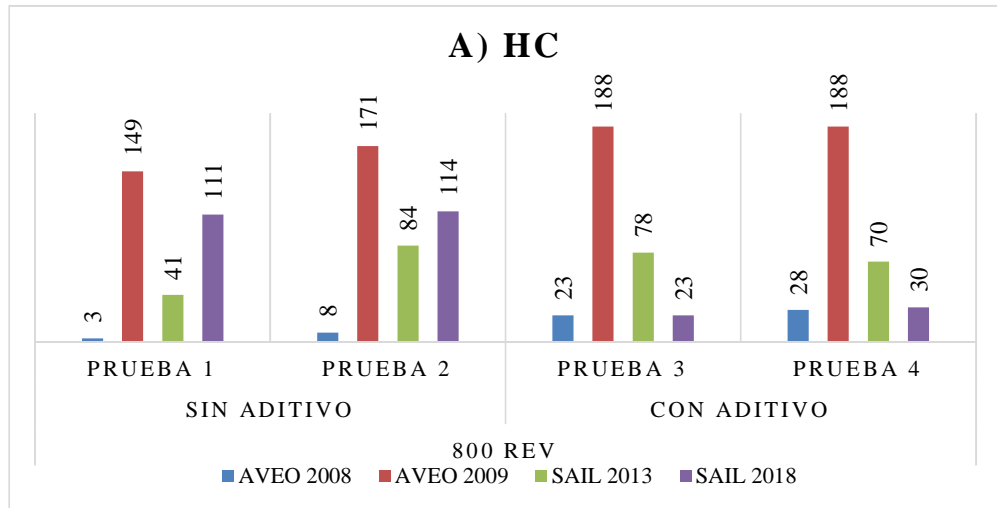
El Gráfico 22-3 ilustra los valores de O<sub>2</sub> de los vehículos 1, 2, 3 y 4 obtenidos del vehículo cuando estuvo en un régimen de 2000RPM. El comportamiento del vehículo cuando estuvo sin aditivos se encuentra en valores correctos por debajo del 2%, mientras que el uso de aditivos proporciona oxígeno aumentando estos valores porcentuales como se evidencia notablemente en el vehículo 1 con un 4,26%, por otro lado, el vehículo 3 redujo en este caso sus emisiones tal como ocurrió en el análisis en los 800 REV.



**Gráfico 22-3:** Comparativa de valores O<sub>2</sub> para los vehículos 1, 2, 3 y 4 para ambos estados a 2000rev.

**Realizado por:** Toalombo, B. & León, M., 2021.

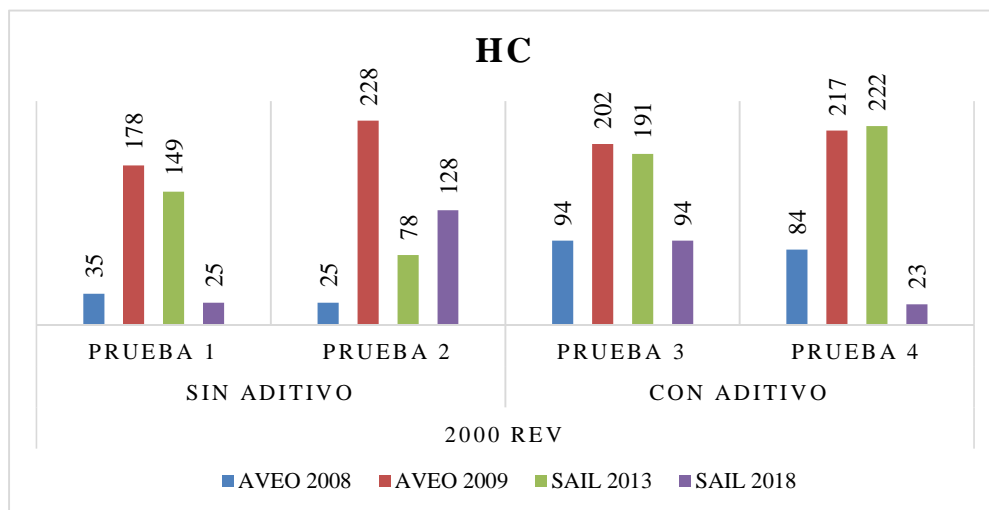
El Gráfico 23-3 ilustra los valores de HC en ppm de los vehículos 1, 2, 3 y 4 obtenidos mientras el motor se encontraba en un régimen de 800 RPM. La consideración en este caso es que los HC no deben sobrepasar de 250ppm. La cual se observa que los vehículos 1 y 4 son los que poseen los valores más altos con 149ppm y 171ppm. La reacción del vehículo al usar aditivos en su combustión fue positiva en el vehículo 2, 4, ya que al tener una mejor combustión quema o consume estos hidrocarburos con mayor efectividad. Por otro lado, el vehículo 1 y 3 no tuvo una mayor efectividad a la hora de quemar los hidrocarburos dentro de la combustión, ya que se nota un aumento poco considerable que se efectuó en su análisis.



**Gráfico 23-3:** Comparativa de valores HC para los vehículos 1, 2, 3 y 4 para ambos estados a 800rev.

Realizado por: Toalombo, B. & León, M., 2021.

Por otro lado, en el Gráfico 24-3 se evidencia los valores de los vehículos 1, 2, 3 y 4 en el momento de tener un régimen de 2000 RPM en el motor con respecto a la variable HC. En estas condiciones se obtuvo valores más grandes en el vehículo 1 al tener 228ppm. Una vez usado aditivos sobre los vehículos se obtuvo un incremento los vehículos 2 y 3 de 25 y 35 a valores de 94 y 84 ppm. En otro caso, los vehículos 1 y 4 hubo una pequeña reducción en sus valores de 176 y 228ppm a 202 y 219ppm, mientras que en el otro vehículo de 25 y 128ppm se redujo a 94 y 23 ppm.



**Gráfico 24-3:** Comparativa de valores HC para los vehículos 1, 2, 3 y 4 para ambos estados a 2000rev.

Realizado por: Toalombo, B. & León, M., 2021.

### 3.4. Análisis Estadísticos.

#### 3.4.1. Análisis ANOVA Consumos de combustible.

Mediante el análisis de varianza permite generar un modelo lineal en el cual se especifica los factores tanto de vehículos como los factores de consumo de combustible con sus respectivos niveles. En la presente investigación se analiza el tipo de carburante Extra 85 octanos con y sin aditivo en los vehículos Chevrolet Activo 2009 con su denominación 1, Chevrolet Sail 2013 con su denominación 2, Chevrolet Aveo Emotion 2008 con su denominación 3, y Chevrolet Sail 2019 con su denominación 4 mismos que serán evaluados mediante el ingreso de valores en Minitab (Minitab, 2019).

Una prueba de hipótesis demuestra los datos excluyentes de una población tanto como la hipótesis nula ( $H_0$ ) que se refiere a los parámetros de una población (desviación estándar, medias, etc.) esto debe ser es igual al valor hipotético, mientras que la hipótesis alternativa ( $H_1$ ) se refiere a los parámetros de una población más grande o pequeña esto diferente al valor hipotético del valor nulo (Minitab, 2019).

En el presente trabajo de investigación es necesario conocer si se rechaza la hipótesis nula en función de las medias y determinar si existe o no diferencia en el uso de aditivo. La Ecuación 1 muestra el valor estadístico F mayor que el valor crítico F indicando la regla de decisión para rechazar o no  $H_0$ , cabe recalcar que, el valor Crítico F se lo obtiene de los puntos porcentuales de la distribución de Fisher mostrado en Anexos, mientras que para obtener el valor estadístico F se lo realiza partiendo del análisis de varianza Tabla 1-3 en el cual se define el consumo de combustible que son datos extraídos del Software Minitab con una confiabilidad del 99% y una significancia del 0.01 Tabla 2-3 el cual indica si la hipótesis es nula o alterna. Estos factores de combustible cuando se le añade y no aditivo son sometidos a un análisis estadísticos en base a los vehículos y la interacción que existe entre el grado de libertad, cuadrados medios, P de probabilidad, suma de cuadrados y valores F (Minitab, 2019).

$$F > F_{\alpha, k-1, n-k} \quad \text{Ec. 3 - 1}$$

$$0.25 > 8.86 \quad \text{Ec. 3 - 2}$$

Se observa en la Ecuación 1 que el valor estadístico F no es mayor que el valor crítico F produciendo que no se rechace hipótesis nula.

## Información de los factores

**Tabla 1-3:** Factores de consumo

Factor	Tipo	Niveles	Denominación
Combustible	Fijo	2	Sin, con
Vehículos	Fijo	2	1,2,3,4

Fuente: (Minitab, 2019).

Realizado por: Toalombo, B. & León, M., 2021.

**Tabla 2-3:** Análisis de Varianza-Consumo de combustible (L)

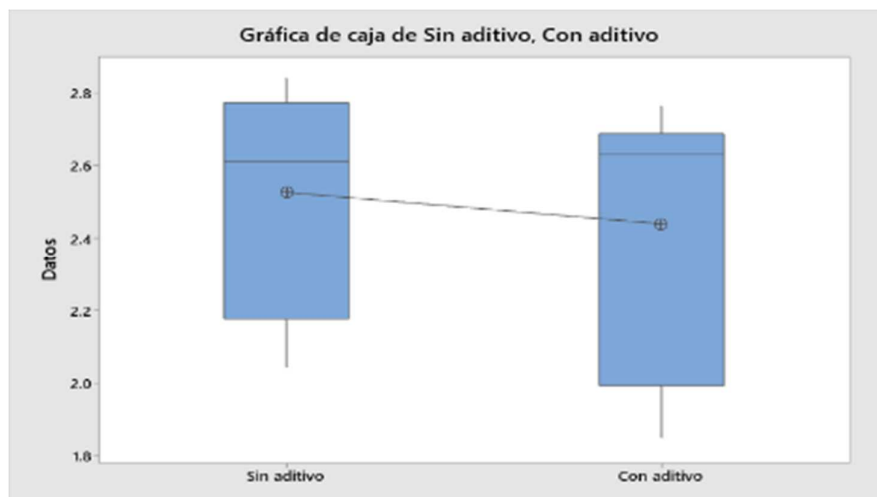
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	1	0.02983	0.02983	0.25	0.626
Error	14	1.67779	0.11984		
Total	15	1.70762			

Fuente: (Minitab, 2019).

Realizado por: Toalombo, B. & León, M., 2021.

### 3.4.1.1. LSD-Consumo de combustible

Una vez obtenido la varianza con respecto al factor de combustible es importante utilizar un análisis de diferencia mínima significativa de Fisher el mismo que cuenta con un factor de confiabilidad del 99% y un valor significativo de 0.01 esto con el objetivo de conocer las comparaciones de los vehículos cuando se utiliza y o no aditivos. En el Gráfico 25-3 muestra la media de las 8 pruebas realizadas sin aditivo con un valor de media de 2.526, un valor Q1 de 2.17, un valor Q3 de 2.77 y la mediana de 2.61, mientras que en las 8 pruebas con aditivo la media es de 2.440, un valor de Q1 de 1.993, una mediana de 2.630 y un valor de Q3 de 2.688.

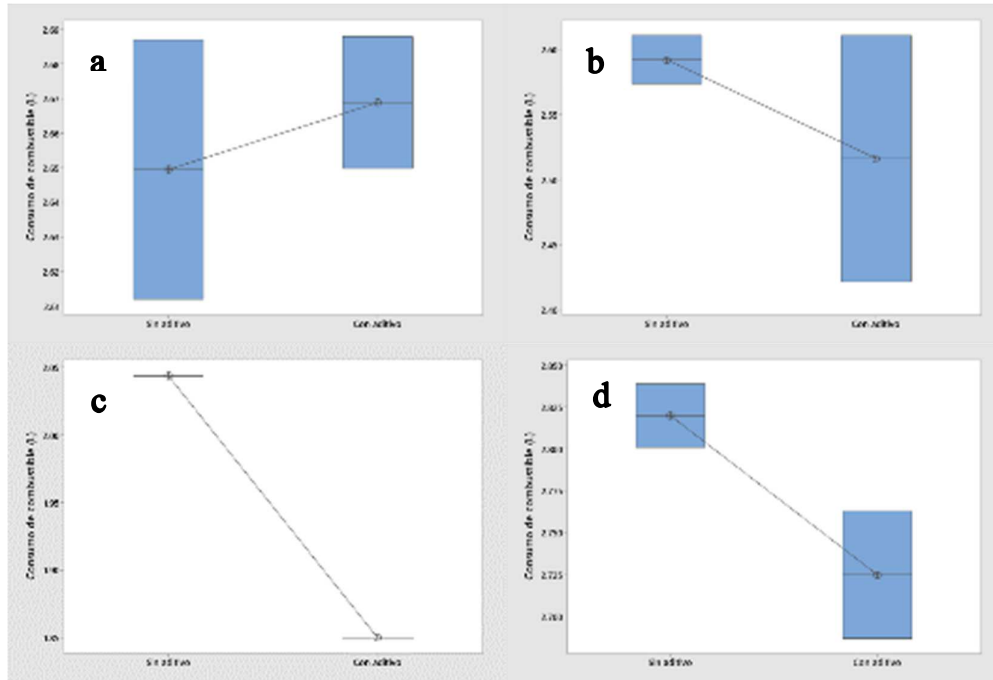


**Gráfico 25-3:** Gráfico de caja de ambos estados para el conjunto de vehículos.

**Realizado por:** Toalombo, B. & León, M, 2021

Mediante el análisis de medias se obtiene el consumo de combustible de cada vehículo mostradas en el siguiente Gráfico 26-3a muestra la media del vehículo 1 sin aditivo que es de 2.649 L y la media con aditivo de 2.669, mientras que en el Gráfico 26-3b muestra la media del segundo vehículo sin aditivo de 2.592 y con aditivo de 2.516, mientras que en el Gráfico 26-3c muestra la media del vehículo 4 sin aditivo de 2.043 y con aditivo de 1.85 , mientras que en el Gráfico 26-3d muestra la media del vehículo 4 sin aditivo de 2.82 y con aditivo de 2.725. En la Tabla 3.3 muestra el análisis ANOVA para validación de hipótesis nula en el consumo de combustible.





**Gráfico 26-3:** Gráfica de cajas para el vehículo 1, 2, 3 y 4 en los dos estados.

Realizado por: Toalombo, B. & León, M

**Tabla3-3:** Consumo de combustible ANOVA.

Ftabla =0.01	Fprueba consumo	Decisión
8.86	> 0.25	Hip. Nula

Fuente. Minitab, 2019

Realizado por: Toalombo, B. & León, M.

### 3.4.1.2. Interacción de las variables de emisiones de gases

En el Gráfico 27-3 se ve reflejado de manera más clara el comportamiento de los 4 vehículos con entre los dos estados del vehículo, realizando un promedio entre las 800 REV y las 2000RPM. Permitiendo ver de esta manera los datos que toman un mayor impacto o que generen un

comportamiento de análisis, como en este caso toma una considerada disminución el vehículo 4 con respecto a los demás vehículos.



**Gráfico 27-3:** Interacción de medias CO<sub>2</sub> por vehículo 1, 2, 3 y 4 entre los dos estados.

Realizado por: Toalombo, B. & León, M

En el Gráfico 28-3 se ve reflejado la media de los valores obtenidos a 800 RPM y a 2000RPM de los 4 vehículos de muestra con respecto al comportamiento que tuvo sobre los valores de CO. En esta ocasión nos permite observar que el vehículo 2 tuvo una considerada diferencia en los cambios efectuados por el uso de aditivos, mientras que los demás vehículos responden correctamente al disminuir sus emisiones.



**Gráfico 28-3:** Interacción de medias CO por vehículo 1, 2, 3 y 4 entre los dos estados.

Realizado por: Toalombo, B. & León, M

Con respecto al Gráfico 29-3 se puede analizar el comportamiento de la media entre los valores de 8000RPM y 2000RPM de los 4 vehículos de muestra, dando como resultado que los vehículos 1, 2 y 3 suben los niveles de HC mientras que el vehículo 4 reduce los niveles con el uso de aditivos.



**Gráfico 29-3:** Interacción de medias de HC por vehículo 1, 2, 3 y 4 en los dos estados.

Realizado por: Toalombo, B. & León, M

Finalmente, este último Gráfico 30-3 de esta modalidad presenta la interacción que tuvieron los vehículos con respecto a la variable de O2 usando aditivos. En la presente gráfica esta evidencia que el vehículo 2 y 3 aumentan los niveles de O2 mientras que el vehículo 1 y 4 las reducen, siendo el vehículo 4 de mayor consideración.

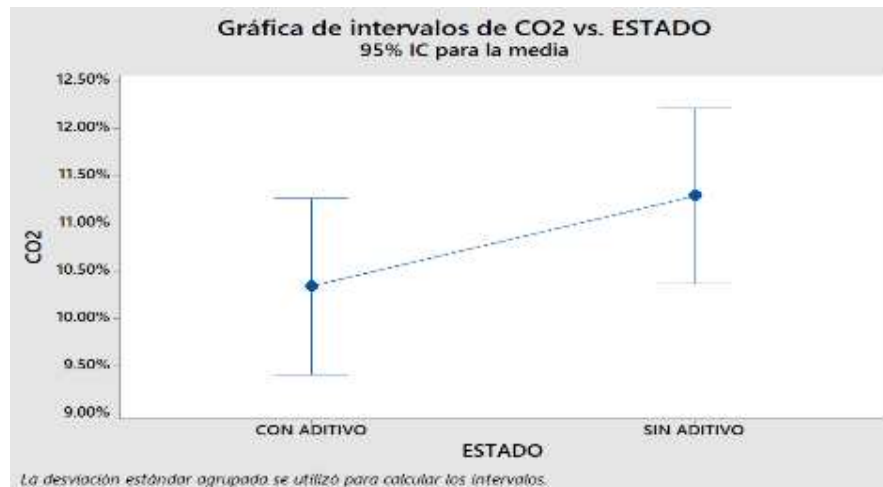


**Gráfico 30-3:** Interacción de medias de O2 por vehículo 1, 2, 3 y 4 en los dos estados.

Realizado por: Toalombo, B. & León, M

### 3.4.2. Interpretación de las gráficas de intervalo vs Estado del vehículo.

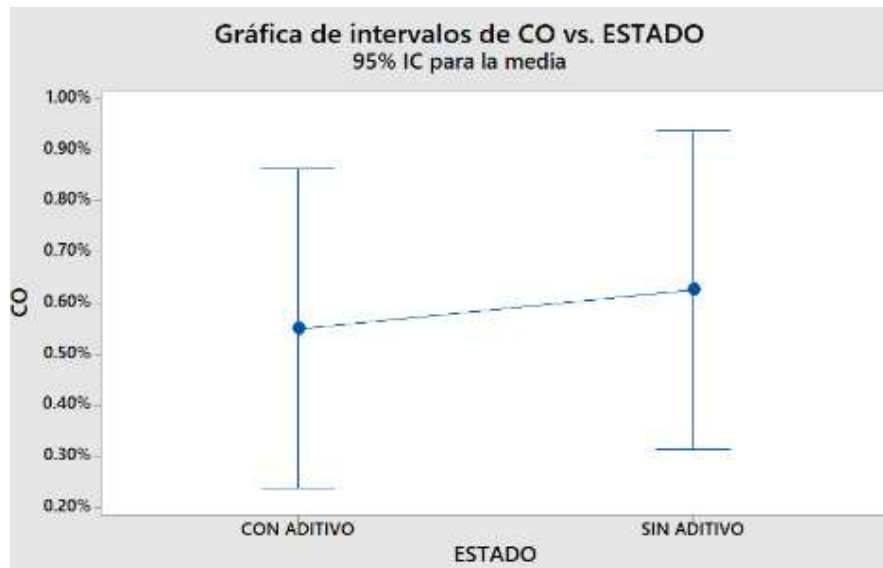
En el Gráfico 31-3 se evalúa los intervalos de las respectivas medias de cada grupo de datos, en este caso con aditivo y sin aditivo. En esta se ve reflejada la interacción que existe entre ambos estados de los 4 vehículos muestras del presente proyecto. El resultado de esta nos muestra que el uso de aditivos para los 4 vehículos fue perjudicial, ya que disminuye el porcentaje de CO<sub>2</sub> la cual proporciona información sobre la calidad de combustión.



**Gráfico 31-3:** Gráfica de intervalos de CO<sub>2</sub> para la muestra.

**Realizado por:** Toalombo, B. & León, M

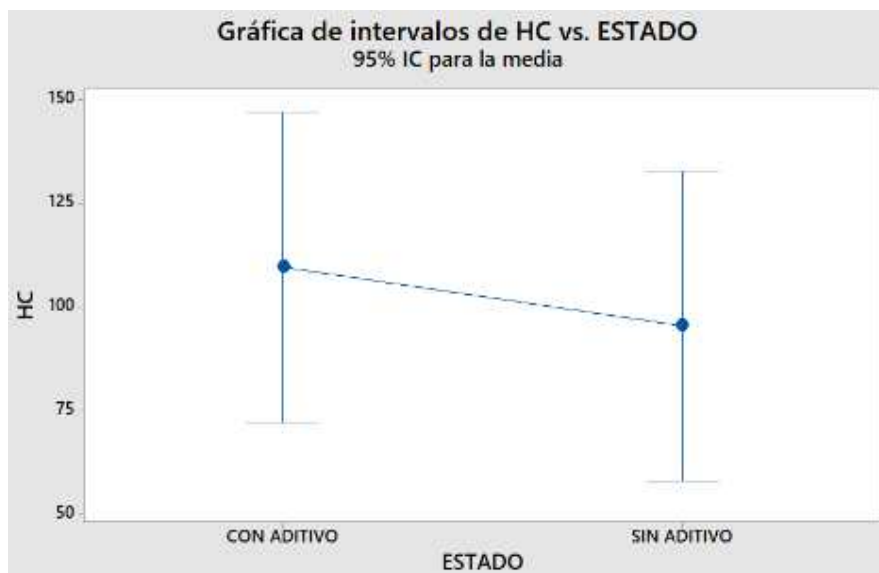
En el Gráfico 32-3 se evidencia los intervalos que existen entre los valores de CO donde expresa que los valores de los 4 vehículos sin aditivos son mayores a los porcentajes de los 4 vehículos con aditivo. Este resultado brinda la seguridad de que el uso de aditivos ayudó a reducir los niveles CO que son contaminantes.



**Gráfico 32-3:** Gráfica de intervalos de CO para la muestra.

Realizado por: Toalombo, B. & León, M

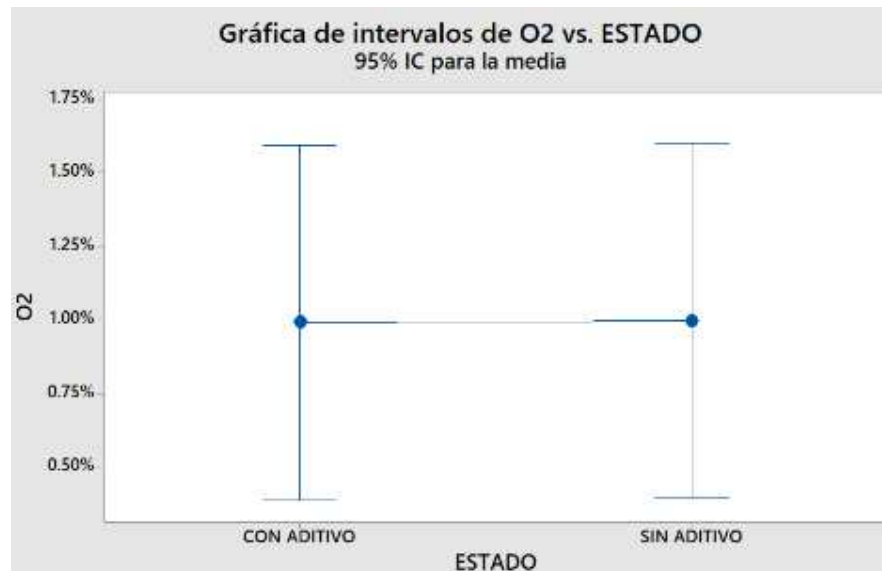
El Gráfico 33-3 presenta los intervalos y su media para los niveles de HC tanto en el estado sin aditivo, como con aditivo. Esta gráfica nos permite determinar que los niveles con aditivos fueron mayores a los niveles sin aditivo de los 4 vehículos de muestra. Sin ser una diferencia muy amplia o evidenciable, existe una diferencia de casi 10 HC.



**Gráfico 33-3:** Gráfica de intervalos de HC para la muestra

Realizado por: Toalombo, B. & León, M

El Gráfico 34-3 presenta los intervalos y la media respectiva en cuanto a los niveles de O<sub>2</sub>, sus puntos medios y sus casillas se muestran paralelas y de un mismo tamaño, dando como resultado que los valores de O<sub>2</sub> no influyeron con el uso de aditivos. Es decir, el uso de aditivos no generó diferencias sobre los 4 vehículos estudiados.



**Gráfico 34-3:** Gráfica de intervalos de O<sub>2</sub> para la muestra.

Realizado por: Toalombo, B. & León, M

### 3.5. Discusión.

A partir de los estudios realizados, aceptamos la hipótesis alternativa general que establece que existe una diferencia en el desempeño de los motores al usar aditivos de combustible en los vehículos de segmentación B.

Los resultados guardan relación con lo que Rocha, Tipanluisa, Zambrano, y Portilla (2018) determinan en el Estudio de un Motor a Gasolina en Condiciones de Altura con Mezclas de Aditivo Orgánico en el Combustible, quienes por medio de sus resultados logran interpretar que la presencia de aditivos genera un comportamiento distinto al natural en dos aspectos, en cuanto a emisiones de gases y al rendimiento de combustible. Sus resultados llevan similitud con lo hallado en la presente investigación.

En primera instancia, la investigación de Rocha Tipanluisa, Zambrano, y Portilla (2018) presenta la existencia de un incremento en el rendimiento de consumo de combustible al usar aditivos en su combustión, la cual se asemejan al comportamiento de los 4 vehículos analizados en el presente

estudio. Sin embargo, en lo que no concuerdan ambas investigaciones en su totalidad es en el comportamiento de algunas variables de las emisiones de gases. Los autores mencionados determinan un aumento de %CO<sub>2</sub> y %O<sub>2</sub>, mientras que presentan una reducción de HC y %CO de su vehículo de estudio.

En cambio, autores como Quezada, Neira, Arias, Moscoso y Quito (2020), en su análisis de la efectividad de los aditivos en el combustible determinan que estos poseen un efecto secundario lo cual produce un incremento de HC sobre las emisiones de gases emitidas. Esta afirmación tiene relación con los resultados obtenidos del estudio presentado.

## CONCLUSIONES.

- Se elaboró la revisión bibliográfica respectiva y necesaria para el desarrollo de la presente investigación, en donde se vieron incluidos artículos científicos nacionales e internacionales de temas como combustibles y uso de aditivos en el vehículo en diferentes ciclos de conducción.
- La información obtenida de las 16 pruebas de ciclos de conducción, 8 pruebas sin aditivo y 8 con aditivo se convirtieron en la base de datos de esta investigación, el cual se encuentra Anexado en el conjunto 1.
- La evaluación a los valores de emisiones de gases se las determina por dos análisis, uno individual y otro colectivo, esto debido a las diferentes condiciones mecánicas de los vehículos como su edad, mantenimiento. En lo individual, la combustión se vio afectada al vehículo Sail 2013, Sail 2018, y Aveo Emotion 2008 reduciendo sus niveles de CO<sub>2</sub>, mientras que el Aveo 2009 aumentó su eficiencia. Por otro lado, los HC mostraron un incremento en todos los vehículos a excepción del Sail 2018. En cuanto al CO existió una reducción en todo el bloque a excepción del Sail 2013. Y finalmente los valores de O<sub>2</sub> aumentaron para el Sail 2013 y Aveo 2009, mientras que para los vehículos Sail 2018 y Aveo Emotion 2008 disminuyó. Con respecto al análisis general, con el uso de aditivos los valores de HC aumentaron en 14.92% de su totalidad, mientras que CO, CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub> redujeron sus niveles en un 12.7%, 8.50% y 1% respectivamente con referencia al total. Determinando de esta manera que el aditivo añadido “Piques” no fue determinante para producir una emisión de gases óptima y deseable para los intereses ambientales.
- La evaluación a los valores de consumo de combustible se determina por dos análisis, uno individual y otro colectivo, esto debido a las diferentes mecánicas de los vehículos como edad, mantenimiento. En lo colectivo, el rendimiento del motor de los cuatro vehículos en función del consumo del combustible al aplicar aditivos muestra un incremento de 3.405% mayor que cuando no se utiliza aditivo, mientras que en lo individual el vehículo Chevrolet Sail 2013, Chevrolet Sail 2018 y Chevrolet Emotion 2008 tuvieron un incremento del rendimiento del 2.93%, 3.37% y 9.31 % menor en consumo de combustible cuando se usa aditivo, mientras que en el Chevrolet Activo 2009 tuvo una disminución de rendimiento de combustible de 0.76 % cuando no se usa aditivo.



## **RECOMENDACIONES**

- Se recomienda que al momento de conectar el Scanner ELM327 se debe revisar que sea compatible con el vehículo, caso contrario buscar otras alternativas de Scanner automotriz basándose en su modelo, año y marca.
- Debido a que en el campo automotriz existen diferentes softwares compatibles ELM327 se recomienda que se use el software Torque Pro en su versión pagada, esto debido a que ofrece más opciones de datos además de poder ingresar los datos y perfiles del vehículo.
- Antes de realizar las pruebas con el Scanner ELM327 se recomienda revisar las configuraciones del software Torque pro como el tiempo segundo a segundo, las unidades del sistema internacional, además de registro y la carga de datos.
- Al seleccionar los vehículos a prueba se recomienda comprobar los estados de los vehículos tanto mecánico como eléctrico caso contrario podría alterar los datos significativo de los vehículos.
- Cuando se utilice el software Minitab para los análisis estadísticos es importante revisar las ecuaciones y abreviaturas en el manual del programa, esto debido a que existen términos que puedan afectar con el análisis de resultados.

## BIBLIOGRAFÍA

**AL-FARAYEDHI; et al.** “Effects of blending crude ethanol with unleaded gasoline on exhaust emissions of SI engine.” *SAE Technical Papers* [en línea], 2000, 122(4), pp. 239-247. [Consulta: 19 de abril del 2021]. ISSN 26883627. DOI 10.4271/2000-01-2857.

**ANTAMBA GUASGUA, J.F; et al.** “Estudio comparativo de gases contaminantes en un vehículo M1 , utilizando gasolina de la Comunidad Andina ( Comparative study of emission of pollutant gases in vehicle M1 , using fuel of the Andean Community)”. *Enfoque UTE* [en línea], vol. 7, pp. 110-119. DOI 10.29019/enfoqueute.v7n3.109.

**ASOCIACIÓN DE EMPRESAS AUTOMOTRICES DEL ECUADOR.** *La calidad de los combustibles del Ecuador no supera la norma Euro 2* [blog]. [Consulta: 3 junio 2021]. Disponible en: <https://acelerando.com.ec/calidad-de-los-combustibles-del-ecuador-no-superan-la-norma-euro-2/>.

**ASOCIACIÓN DE EMPRESAS AUTOMOTRICES DEL ECUADOR, 2021.** *Sector Automotor en cifras.* [blog]. Quito. [Consulta: 3 junio 2021]. Disponible en: <https://www.aeade.net/wp-content/uploads/2021/05/Sector-en-Cifras-55-Resumen.pdf>.

**BAENA PAZ, G.** *Métodología de la investigación* [en línea]. 3ra edición. México: Editorial Patria, 2017. [Consulta: 12 junio 2021]. Disponible en: [http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales\\_de\\_consulta/Drogas\\_de\\_Abuso/Articulos/metodologia%20de%20la%20investigacion.pdf](http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/metodologia%20de%20la%20investigacion.pdf)

**BEHR, A.; et al.** “Improved utilisation of renewable resources: New important derivatives of glycerol.” *Green Chemistry* [en línea], 2007, 10(1), pp. 13-30. [Consulta: 30 de abril 2021]. ISSN 14639270. Disponible en: <https://doi.org/10.1039/B710561D>

**BORJA, P.; & ROMERO, R.** *Determinación del consumo de combustible de vehículos en base a los ciclos de conducción EPA FTP75 y EPA HWFET, en dinamómetro de chasis* [en línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería). Universidad del Azuay, Cuenca, Ecuador. p.14. [Consulta: 15 junio 2021] Disponible en: <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/6858>.

**BRADIN, D; et al.** “Alternative fuel and fuel additive compositions”. Patent cooperation treaty [en línea], 2007, (United State of America), WO 2007/061903 A1. 31-05-2007.

**CASTILLO, J.; et al.** “Determination of Torque and Power of a Gasoline Internal Combustion Engine by Using Spark with Pressure Sensor Adapted and Application of a Mathematical Model.” *Revista Politécnica Scielo* [en línea], 2017, 39(1), pp. 1-9. [Consulta: 2 julio 2021]. ISSN 2477-8990. Disponible en: [http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1390-01292017000100049&lng=es&nrm=iso&tlng=en](http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1390-01292017000100049&lng=es&nrm=iso&tlng=en)

**CHENG, S.** “The impacts of engine operating conditions and fuel compositions on the formation of combustion chamber deposits.” *SAE Technical Papers*[en línea], 2000, no. 724. ISSN 2688-3627. Disponible en: <https://doi.org/10.4271/2000-01-2025>.

**CONTRERAS, J.** Estudio del análisis de la aplicación de procesos por parte de la corporación municipal del mejoramiento de la calidad del Aire de Quito (CORPAIRE), en las normativas INEN 2349 y 2203 [en línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería). Universidad Internacional del Ecuador, Facultad de Ingeniería mecánica automotriz, Quito, 2020 , pp. 1-9. [Consulta: 15 mayo 2021]. Disponible en: <https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/4210>

**CRUZ, W.** “Análisis de los Parámetros Mecánicos y Térmicos Característicos de un Motor de Combustión Interna al Utilizar Diversos Tipos de Aditivos en combustibles comerciales.” *INSTA Magazine I+D* [en línea], 2020, 3(1), pp. 1-3. [Consulta: 17 junio 2021]. ISSN: 2697-3308. Disponible en: <http://revista.redinsta.com/index.php/instamagazine/article/view/20/35>.

**ENCALADA, F.; & ÑAUTA, P.** Incidencia del Tipo de Gasolinas, Aditivos y Equipos Optimizadores de Combustible Comercializados en la Ciudad de Cuenca, sobre las Emisiones Contaminantes Emitidas al Aire [en línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería). Universidad Politécnica Salesiana, Facultad de Ingenierías, Cuenca, 2010, pp. 28-34. [Consulta: 25 mayo 2021]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/6115>

**FERNÁNDEZ, S.; & DÍAZ, S.** “La investigación cualitativa y la investigación cuantitativa”. *Investigación Educativa* [en línea], 2002, 9(1), pp 76-78. [Consulta: 30 junio 2021]. ISSN-e: 1134-3583 Disponible en: [http://fisterra.com/mbe/investiga/cuanti\\_cuali/cuanti\\_cuali2.pdf](http://fisterra.com/mbe/investiga/cuanti_cuali/cuanti_cuali2.pdf).

**FILLAT, M.** Consumo específico de combustible en vehículo a gasolina. Estudio a partir de parámetros constructivo y descriptivo de ciclos de conducción [en línea] (Trabajo de titulación).

(Maestría). Universidad tecnológica de Pereira, Colombia 2018. pp 37-41. [Consulta: 21 junio 2021]. Disponible en: <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/0df43acd-3889-4419-8e78-da0aadd652a0/content>

**FLHSMV.** *El manual oficial de licencias de conducir de Florida*[blog]. [Consulta: 21 junio 2021]. Disponible en: <https://www.flhsmv.gov/resources/handbooks-manuals-es/>

**GARCÍA, A.; et al.** “Motores de combustión interna (MCI) operando con mezclas de etanol gasolina: revisión.” *Ciencia e Ingeniería Neogranadina* [en línea], 2016, 26(1), pp. 75. [Consulta:11 junio 2021]. ISSN 0124-8170. Disponible en: <https://doi.org/10.18359/rcin.1626>.

**GENG, P.; & ZHANG, H.** “Combustion and emission characteristics of a direct-injection gasoline engine using the MMT fuel additive gasoline”. *FUEL* [en línea]”, 2015, 144(1), pp. 380-387. [Consulta:12 junio 2021]. ISSN 0016-2361. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.fuel.2014.12.064>.

**GONZÁLEZ, J.** Estudio técnico de un sistema integral de revisión vehicular y control de contaminación ambiental , para el Gobierno autónomo descentralizado del Cantón Guaranda [en línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería). Universidad Internacional Del Ecuador, Quito, Ecuador. 2014. p 69. [Consulta:24 junio 2021]. Disponible en: <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/620/1/T-UIDE-0570.pdf>

**GUTIERRÉZ, L.; et al.** Determinacion del consumo de combustible de vehiculos en base a los ciclos de conducción EPA FTP75 y EPA HWFET, en dinamometro de chasis. Casos de estudio: Vehículos Hyundai Santa Fe 2.7L, V6, 2009 y Chery QAC 1.0L, 2017 [en línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería). Universidad del Azuay, Cuenca, Ecuador. 2017. p 2. [Consulta:25 junio 2021]. Disponible en: <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/7371/1/13299.pdf>

**GUTIERREZ, C.** *Introducción a la metodología Experimental*. 2da. México: Editorial McGraw-Hill-Interamericana, 1998. [Consulta:2 julio 2021]. Disponible en: [https://www.academia.edu/17323152/Introducci%C3%B3n\\_A\\_La\\_Metodolog%C3%ADa\\_Experimental](https://www.academia.edu/17323152/Introducci%C3%B3n_A_La_Metodolog%C3%ADa_Experimental)

**GUZMÁN, A.; et al.** “Estudio del rendimiento dinámico de un motor Otto al utilizar mezclas de dos tipos de gasolinas: “Extra” y “Súper”.” *Enfoque UTE* [en línea], 2018, 9(4), pp. 208-220. [Consulta:11 junio 2021]. ISSN 1390-9363. Disponible en:

<https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v9n4.335>.

**HUBENOVA, N.; & MENDEZ, J.** “Impacto de los aditivos de gasolina para el marketing de las compañías distribuidoras de combustibles en México.” *Digital Ciencia UAQRO* [en línea], 2013, 13(1), pp. 102-108. [Consulta:19 junio 2021]. Disponible en: <http://ciencia.uaq.mx/index.php/ojs/article/view/75/52>.

**INEN.** *Instituto Ecuatoriano de Normalización*.

**NTE INEN 935.** *Productos derivados de petróleo. Gasolina. Requisitos*.

**JUÁREZ, M.** *¿Qué es el ciclo WLTP y NEDC en las pruebas de consumo y emisiones de los coches?* [blog], México, 2019, [Consulta:12 junio 2021]. Disponible en: <https://www.motorpasion.com.mx/industria/que-como-funcionan-ciclos-consumo-wltp-nedc>

**KANE,** *Características KANE*. [blog]. [Consulta:12 junio 2021]. Disponible en: <https://www.kane.co.uk/>.

**LEGUÍSAMO, J.; et al.** “Evaluación del consumo de combustible con conducción eficiente a 2750 metros de altura.” 2do Congreso Internacional de Ingeniería [en línea], 2018, pp. 50-54. [Consulta:15 junio 2021]. ISBN: 978-9942-801-01-2. Disponible en: <http://cimogsys.esepoch.edu.ec/direccion-publicaciones/public/docs/books/2021-09-14-160918-2do%20LibroMemorias%20v1.pdf>

**LEISTER, G.** “Contribution of tires and wheels to the WLTP”. 10th International Munich Chassis Symposium 2019 [en línea], 2020, pp. 705-714. [Consulta:19 junio 2021]. ISBN: 978-3-658-26435-2. Disponible en: [https://doi.org/10.1007/978-3-658-26435-2\\_48](https://doi.org/10.1007/978-3-658-26435-2_48)

**LLANES, E.; et al.** “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:19 junio 2021]. ISSN 1390-9363. Disponible en: <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v9n2.201>

**MARTÍNEZ, J.** *WTLP: todo sobre el nuevo ciclo de homologación de vehículos - Circula Seguro* [blog], 2017, [Consulta:10 julio 2021]. Disponible en: <https://www.circulaseguro.com/wtlp-nuevo-ciclo-homologacion-vehiculos/>

**MARTÍNEZ, H.** *Metodología de la investigación* [en línea]. México, Cengage Learning, 2012, [Consulta:15 julio 2021]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/epoch/39957>.

**MINITAB.** *¿Qué es ANOVA?* [blog]. Disponible en: [https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/modeling-statistics/anova/supporting-topics/basics/what-is-anova/#:~:text=Un%20an%C3%A1lisis%20de%20varianza%20\(ANOVA,diferentes%20niveles%20de%20los%20factores](https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/modeling-statistics/anova/supporting-topics/basics/what-is-anova/#:~:text=Un%20an%C3%A1lisis%20de%20varianza%20(ANOVA,diferentes%20niveles%20de%20los%20factores).

**MOSCARDÓ, R.; & MELGAR, A.** Modelo de un vehículo para la simulación dinámica del nuevo ciclo de conducción Europeo (NEDC)(Trabajo de titulación)(Maestría). Universidad de Valladolid, Escuela de Ingenierías Industriales. España. [Consulta:16 julio 2021]. Disponible en: <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/13759>

**NAGANO, S.; et al.** “Effects of High Boiling Point Fuel Additives on Deposits in a Direct Injection Gasoline Engine.” SAE International Journal of Fuels and Lubricants [en línea] , 2017, 10(3), pp. 789-801. [Consulta:16 junio 2021]. ISSN 19463960. Disponible en: <https://doi.org/10.4271/2017-01-2299>

**NÉSTOR, R; et al.** “Estudio Del Comportamiento De Un Motor Ciclo Otto De Inyección Electrónica Respecto De La Estequiometría De La Mezcla Y Del Adelanto Al Encendido Para La Ciudad De Cuenca”. Revista politécnica [en línea], 2017, 40(1) , pp. 1-9. [Consulta:6 junio 2021]. ISSN 2477-8990. Disponible en: [http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1390-01292017000300059&lng=es&nrm=iso](http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1390-01292017000300059&lng=es&nrm=iso)

**P.CARRIÓN, K.; et al.** 2018. Determinacion del consumo de combustible de vehiculos en base a los ciclos de conducción EPA FTP75 y EPA HWFET, en dinamometro de chasis (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad del Azuay, facultad de ciencia y tecnología. Cuenca. 2018. p 2 [Consulta:9 junio 2021]. Disponible en: <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/8423/1/14143.pdf>

**PARK, S.S.; et al.** “Emission Factors for High-Emitting Vehicles Based on On-Road Measurements of Individual Vehicle Exhaust with a Mobile Measurement Platform”. *Journal of the Air and Waste Management* [En línea], 2011, (Reino Unido) 61(10), pp. 1046-1056. [Consulta: 15 julio 2021]. ISSN 10473289. Disponible en: DOI:

10.1080/10473289.2011.595981

**PÉREZ, S.** Estudio de emisiones de gases en vehículos a gasolina en la universidad técnica de ambato campus huachi. [En línea] (Trabajo de titulación). (Título posgrado) Universidad Técnica de Ambato. 2018. pp. 41. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/29538>

**QUALCO ECOENERGY.** *QUALCO PIKES*. [blog] [Consulta: 27 julio 2021]. Disponible en: [https://617159c2-57bc-468d-af56-571a4dabf36f.usrfiles.com/ugd/617159\\_8b38f46f4fe04da08121cf23bbc5e5d8.pdf](https://617159c2-57bc-468d-af56-571a4dabf36f.usrfiles.com/ugd/617159_8b38f46f4fe04da08121cf23bbc5e5d8.pdf).

**RAHMAT, N.; et al.** “Recent progress on innovative and potential technologies for glycerol transformation into fuel additives: A critical review”. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* [En línea], 2010, (Reino Unido) 14(3), pp. 987-1000. [Consulta: 04 mayo 2021]. ISSN 13640321 . Disponible en: DOI 10.1016/j.rser.2009.11.010.

**RAMALINGAM, K.** “An assessment of combustion , performance characteristics and emission control strategy by adding anti-oxidant additive in emulsi fi ed fuel”. *Atmospheric Pollution Research* [En línea], 2018, (Colombia) 9(5), pp. 959-967. [Consulta: 04 mayo 2021]. ISSN 1309-1042. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apr.2018.02.007>.

**RESTREPO V.; et al.** “Design and application of methodology to determine vehicular conduction cycles in Pereira city”. *Scientia et Technica* [En línea], 2007, (Colombia) 13(37), pp. 229-234. [Consulta: 09 septiembre 2021]. 234. ISSN 0122-1701 Disponible en: <https://repositorio.utp.edu.co/items/56b0424a-37c5-42db-90bc-52819b5ea8a3/full>

**RIU, J.** “GRÁFICOS DE CONTROL DE SHEWHART”. *Quimio*, 2015, (España).

**RIVERA, N.; et al.** “Estudio Del Comportamiento De Un Motor Ciclo Otto De Inyección Electrónica Respecto De La Estequiometría De La Mezcla Y Del Adelanto Al Encendido Para La Ciudad De Cuenca “ *Scielo* [En línea], 2017, (Ecuador) 40(1), pp. 59-67. [Consulta: 17 agosto 2021]. ISSN 2477-8990. Disponible en: [http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1390-01292017000300059&lng=es&nrm=iso](http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1390-01292017000300059&lng=es&nrm=iso)

**ROCHA-HOYOS, J.C.; et al.** “Effect of the addition of biodiesel on the performance and opacity of a diesel engine”. *Informacion Tecnologica* [En línea], 2019, (Ecuador) 30(3), pp. 137-

146. [Consulta: 25 abril 2021]. ISSN 07180764. Disponible en: DOI 10.4067/S0718-07642019000300137.

**ROCHA-HOYOS, J.C.; et al.** “Study of a gasoline engine in altitude conditions with mixtures containing organic additive in the fuel”. *Informacion Tecnologica* [En línea], 2018, (Ecuador) 29(5), pp. 325-334. [Consulta: 1 junio 2021]. ISSN 07180764. Disponible en: DOI 10.4067/S0718-07642018000500325.

**ROCHA HOYOS, J.; et al.** “Evaluación del motor de encendido provocado en la ciudad de quito, debido a la influencia de aditivos. Segundo simposio internacional de investigación e innovación uisek 2017”. *Researchgate* [En línea], 2017, (Ecuador) vol 2, pp. 1-10. [Consulta: 8 mayo 2021]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/319262540\\_EVALUACION\\_DEL\\_MOTOR\\_DE\\_ENCENDIDO\\_PROVOCADO\\_EN\\_LA\\_CIUADAD\\_DE\\_QUITO\\_DEBIDO\\_A\\_LA\\_INFLUENCIA\\_DE\\_ADITIVOS](https://www.researchgate.net/publication/319262540_EVALUACION_DEL_MOTOR_DE_ENCENDIDO_PROVOCADO_EN_LA_CIUADAD_DE_QUITO_DEBIDO_A_LA_INFLUENCIA_DE_ADITIVOS)

**ROCHA HOYOS, J.C.; & ZAMBRANO LEON, V.D.** “Análisis Del Funcionamiento Del Motor De Encendido Provocado, Debido a La Presencia De Aditivos”. [En línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Escuela Politécnica Nacional, Ecuador. 2015. pp. 174. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/9120>

**ROJANO, R.E.; et al.** “Dispersión de Contaminantes del Aire (PM10, NO2, CO, COV y HAP) emitidos desde una estación modular de compresión, tratamiento y medición de gas natural”. *Informacion Tecnologica*. [En línea], 2016, (Colombia) 27(5), pp. 99-110. ISSN 07180764. [Consulta: 10 julio 2021]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642016000500012>

**ROJAS LLUMIGUSIN, G.A.; & TIGSE CATOTA, E.A.** “ Estudio de las emisiones de gases en vehículos a gasolina utilizando aditivos locales” [En línea] (Trabajo de titulación). (Tesis posgrado) Universidad Internacional del Ecuador. Disponible en: <http://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/1944>.

**SCHIFTER, I.; et al.** “Oxygenated transportation fuels. Evaluation of properties and emission performance in light-duty vehicles in Mexico”. *Fuel* [En línea], 2011, (México) 90(2), pp. 779-788. ISSN 00162361. [Consulta: 5 mayo 2021]. Disponible en: DOI 10.1016/j.fuel.2010.09.034.



**SCHIFTER, I.; et al.** “Experimental and vehicle ( on road ) test investigations of spark-ignited engine performance and emissions using high concentration of MTBE as oxygenated additive”. *Fuel* [en línea], 2017 vol. 187, pp. 276-284. [Consulta: 2 abril 2021]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.fuel.2016.09.044>.

**SIMONIZAUTO.** *MANTENIMIENTO*. [blog]. [Consulta: 14 mayo 2021]. Disponible en: <https://www.simonizauto.com/product/aditivo-gasolina/>

**SRINIVASAN, C.A.; & SARAVANAN, C.G.** “Study of Combustion Characteristics of an SI Engine Fuelled with Ethanol and Oxygenated Fuel Additives”. [En línea], 2010, (India) 1(3), pp. 85-91. [Consulta: 4 septiembre 2021]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/265916922\\_Study\\_of\\_Combustion\\_Characteristics\\_of\\_an\\_SI\\_Engine\\_Fuelled\\_with\\_Ethanol\\_and\\_Oxygenated\\_Fuel\\_Additives](https://www.researchgate.net/publication/265916922_Study_of_Combustion_Characteristics_of_an_SI_Engine_Fuelled_with_Ethanol_and_Oxygenated_Fuel_Additives)

**TOBAR, C.P.; & TORRES, L.E.** “Determinación del consumo de combustible de vehículos en base a los ciclos de conducción EPA FTP75 y EPA HWFET, en dinamometro de chasis. Caos de estudio: vehículos Toyota Hilux 2016 4x2 CD 2.7 y Hyundai Getz 2011 1.4 BS”. [En línea], 2017, (Ecuador) 11(3), pp. 5-12. [Consulta: 18 abril 2021]. Disponible en: <https://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/7363>.

**TORRES, W.** *Crisis: Ecuador tiene a un tercio de su población en la pobreza. Primicias* [blog]. [Consulta: 16 mayo 2021]. Disponible en: <https://www.primicias.ec/noticias/economia/menos-empleo-salario-mujer-pobreza-ecuador/>.

**TOYOCOSTA.** Carros Toyota con motores Euro en Ecuador. Carros Toyota con motores Euro en Ecuador [blog]. [Consulta: 16 julio 2021]. Disponible en: <http://www.toyocosta.com/blog/motores-euro-en-ecuador/#:~:text=Sus etapas hasta el 2020,Euro 6 para vehiculos ligeros.&text=Esta normativa fue adoptada en,emisiones de gases de combustión.>

**URBINA, A.** Comparación de factores de emisión vehicular al utilizar ciclos de conducción IM240 y on board en la ciudad de Quito [En línea]. (Trabajo de titulación).(Maestría). Escuela Politécnica Nacional. Quito, Ecuador. 2016 . pp. 26- 30 [Consulta: 2021-08-15]. Disponible en: <https://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/10159>

**YUPANQUI, D., & IGLESIAS, R.** Determinación del rendimiento de combustible de una flota de taxis de 1400 centímetros cúbicos en la ciudad de Cuenca mediante parámetros de conducción normal. [En línea] (Trabajo de titulación). (Tesis de pregrado) Universidad del Azuay, Cuenca, Ecuador. 2021. pp. 25- 27 [Consulta: 2021-08-15]. Disponible en: <https://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/10159>

**ZANNIKOS, F.E.** “Vehicle emissions and driving cycles: comparison of the Athens driving cycle (ADC) with ECE-15 and European driving cycle (EDC)”. *Global NEST Journal* [En línea], 2018, (Greece) 3(8), pp. 282-290. [Consulta: 31 mayo 2021]. Disponible en: DOI 10.30955/gnj.000376.