



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRÍZ

**ANÁLISIS DE RENDIMIENTO Y COSTOS DE DOS VEHÍCULOS
SEGMENTO B TRAS UN REEMPLAZO DE COMBUSTIBLE DE
EXTRA A SUPER**

Trabajo de titulación

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

AUTOR:

JONATHAN FERNANDO SAGUAY ROSALES

Riobamba – Ecuador

2021



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRÍZ

**ANÁLISIS DE RENDIMIENTO Y COSTOS DE DOS VEHÍCULOS
SEGMENTO B TRAS UN REEMPLAZO DE COMBUSTIBLE DE
EXTRA A SUPER**

Trabajo de titulación

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

AUTOR: JONATHAN FERNANDO SAGUAY ROSALES

DIRECTOR: Ing. MANUEL FERNANDO GONZÁLEZ PUENTE

Riobamba – Ecuador

2021

© 2021, Jonathan Fernando Saguay Rosales

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

Yo, JONATHAN FERNANDO SAGUAY ROSALES, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

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

Riobamba, 8 de diciembre 2021



Jonathan Fernando Saguy Rosales
172483509-3

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de titulación; tipo: Proyecto de investigación, **ANÁLISIS DE RENDIMIENTO Y COSTOS DE DOS VEHICULOS SEGMENTO B TRAS UN REEMPLAZO DE COMBUSTIBLE DE EXTRA A SUPER**, realizado por el señor: **SAGUAY ROSALES JONATHAN FERNANDO**, 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. Johnny Marcelo Pancha Ramos PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	 JOHNNY MARCELO PANCH RAMOS	2021-12-08
Ing. Manuel Fernando González Puente DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN	 MANUEL FERNANDO GONZALEZ PUENTE	2021-12-08
Ing. Rodrigo Rigoberto Moreno Pallares MIEMBRO DEL TRIBUNAL	 RODRIGO RIGOBERTO MORENO PALLARES	2021-12-08

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación está dedicado en primer lugar a Dios por entregarme fortaleza y cuidarme en todos los años de vida estudiantil y sobre todo por las alegrías en mi vida personal. A mis padres José Saguay y Olivia Rosales por el apoyo incondicional en todos los momentos difíciles, a mi hermano que me ha acompañado y ayudado en gran parte de mi vida.

Jonathan Saguay

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por entregarme la oportunidad de culminar esta etapa de mi vida, por brindarme momentos inolvidables junto a mi familia y amigos y por darme fuerzas para aprender e intentar ser un mejor ser humano en la sociedad.

A mis padres José Saguay y Olivia Rosales por todas las palabras de motivación en las etapas más difíciles de toda mi vida y apoyarme en cada circunstancia sin importar lo complicado que haya sido, siempre serán el motor de mi vida y la más grande inspiración que tengo, incluyendo que me supieron demostrar que el amor hacia sus dos hijos no gira en torno a palabras sino a los hechos, no dudo ni por un segundo que todo lo que llegaron a hacer ha sido en beneficio de un futuro adecuado para nosotros, espero poder seguir agradeciendo muchos más logros junto a ellos.

A mi hermano Brandon Saguay que me ha enseñado a conllevar la vida politécnica con sus consejos, conocimientos y compañía durante todos estos años fuera del hogar, a pesar de las discrepancias en determinados momentos no cambiaría ni por un segundo el hermano que Dios me dio.

A mis amigos, Tnlgo Andrés Delgado, Tnlgo Erick Pallacho y Gabriel Toro por su cercanía de años, por los momentos de alegría que llegamos a compartir y sobre todo por la motivación que me daban para continuar. Y especialmente al grupo de amigos denominado KND que me acogieron y me brindaron su amistad incondicional, sin ellos estos últimos años no tendrían el mismo significado.

Y a la Lic. Katty Cerón por apoyarme desde el primer día dentro de la vida universitaria y entregarme sus palabras cuando me sentía derrotado, por su paciencia y cariño que fueron fundamentales para no rendirme y siempre continuar con la cabeza en alto.

Este será el inicio de muchos más objetivos que están planeados en mi vida, siempre y cuando Dios me lo permita.

Jonathan Saguay

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
RESUMEN	xiv
SUMMARY	xv
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>Efectos del octanaje por análisis de curvas características</i>	5
1.6.2. <i>Análisis de rendimiento por costos tras un cambio de octanaje</i>	10
1.6.3. <i>Medición de Consumo de Combustible</i>	12
1.6.3.1. <i>Análisis Estadístico por Valores de Scanner</i>	12
1.6.3.2. <i>Por Dinamómetro de chasis</i>	13
1.6.3.3. <i>Norma SAEJ1321:2012</i>	14
1.6.4. <i>Ciclo de Conducción</i>	15
1.6.4.1. <i>Ciclo NEDC</i>	15
1.6.4.2. <i>Ciclo WLTP</i>	16
1.6.4.3. <i>Ciclo FTP-75</i>	16
1.6.4.4. <i>Ciclo HWFET</i>	17
1.6.4.5. <i>Ciclo en el Distrito Metropolitano de Quito</i>	17
1.6.4.6. <i>Ciclo de Centro Histórico de la ciudad de Cuenca</i>	18

CAPÍTULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO.....	19
2.1.	Método de Investigación.....	19
2.1.1.	<i>Método Experimental.....</i>	<i>19</i>
2.1.2.	<i>Método Hipotético- Deductivo</i>	<i>19</i>
2.1.3.	<i>Método Empírico de Medición.....</i>	<i>19</i>
2.1.4.	<i>Método Cuantitativo.....</i>	<i>20</i>
2.2.	Diagrama de flujo de la Metodología	20
2.3.	Protocolo de consumo de combustible.....	21
2.3.1.	<i>Análisis de Variables de entrada.....</i>	<i>21</i>
2.3.1.1.	<i>Características de los vehículos a prueba.....</i>	<i>21</i>
2.3.1.2.	<i>Características de Combustibles Utilizados</i>	<i>22</i>
2.3.2.	<i>Zona de análisis</i>	<i>23</i>
2.3.3.	<i>Determinación de horas para desarrollo de pruebas.....</i>	<i>24</i>
2.3.4.	<i>Obtención del Ciclo de Conducción Representativo de Ruta.....</i>	<i>25</i>
2.3.4.1.	<i>Herramientas y Equipos utilizados</i>	<i>25</i>
2.3.5.	<i>Acondicionamiento de vehículos</i>	<i>27</i>
2.3.6.	<i>Procedimiento para la extracción de datos de velocidad-tiempo.....</i>	<i>27</i>
2.4.	Valores de consumo de combustible	28
2.4.1.	<i>Herramientas y equipos utilizados.....</i>	<i>28</i>
2.4.1.1.	<i>Scanner Automotriz ELM 327.....</i>	<i>28</i>
2.4.1.2.	<i>Software Torque PRO.....</i>	<i>29</i>
2.4.2.	<i>Procedimiento para la extracción de datos de consumo</i>	<i>30</i>
2.5.	Análisis de Variables de Respuesta.....	30
2.5.1.	<i>Análisis ANOVA</i>	<i>31</i>
2.5.1.1.	<i>Diferencia Menos Significativa (LSD).....</i>	<i>32</i>

CAPITULO III

3.	MARCO DE RESULTADOS.....	33
3.1.	Pruebas Vehículo 1	33
3.2.	Pruebas Vehículo 2	36
3.3.	Ciclo de Conducción General de la Ruta	40
3.4.	Análisis Estadístico	41
3.4.1.	<i>Análisis ANOVA</i>	<i>41</i>
3.4.1.1.	<i>Consumo de Combustible (Litros) y Costo (USD)</i>	<i>41</i>

3.4.2.	<i>Análisis LSD</i>	43
3.4.2.1.	<i>LSD- Consumo de Combustible</i>	43
3.4.2.2.	<i>LSD- Costos</i>	46
3.5.	Discusión	49
CONCLUSIONES		51
RECOMENDACIONES		53
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Sensor de Oxigeno Ford Eco Sport 2.0L.....	6
Tabla 2-1: Consumo de gasolina versus costos	10
Tabla 3-1: Criterios de la Normativa.....	14
Tabla 1-2: Ficha Técnica Vehículo 1	21
Tabla 2-2: Ficha Técnica Vehículo 2	22
Tabla 3-2: Propiedades Combustible EXTRA-SUPER.....	22
Tabla 4-2: Ruta de prueba combinada.....	24
Tabla 5-2: Tráfico horario total equivalente	25
Tabla 6-2: Requerimiento para una óptima instalación de Matlab	26
Tabla 7-2: Datos que se extraen del software	26
Tabla 8-2: Designación de Factores y Niveles	30
Tabla 9-2: Pruebas a tomar para el análisis ANOVA	31
Tabla 1-3: Información de los factores.....	41
Tabla 2-3: Análisis de Varianza – Consumo de Combustible (Litros)	41
Tabla 3-3: Análisis de Varianza – Costos (UDS).....	42
Tabla 4-3: Valores de Fisher de Tabla y Pruebas	42
Tabla 5-3: Pruebas de Hipótesis- Consumo y Costos	43
Tabla 6-3: Comparaciones de medias por Fisher LSD- Combustible (Consumo)	43
Tabla 7-3: Comparaciones de medias por Fisher LSD- Vehículos (Consumo)	44
Tabla 8-3: Comparaciones de medias por Fisher LSD- Vehículo*Combustible (Consumo)....	45
Tabla 9-3: Comparaciones de medias por Fisher LSD- Combustible (Costos)	46
Tabla 10-3: Comparaciones de medias por Fisher LSD- Vehículo (Costos)	47
Tabla 11-3: Comparaciones por Fisher LSD- Vehículo*Combustible (Costos).....	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Líneas de aviso y control - Distribución de la muestra.....	13
Figura 2-1: Conexión de flujómetro al riel de inyectores	13

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-1:	Curva HP vs rpm Ford Eco Sport 2.0L	6
Gráfico 2-1:	Potencias versus Velocidad con 3 gasolinas	7
Gráfico 3-1:	Torque vs Velocidad con 3 gasolinas.....	8
Gráfico 4-1:	Torque vs velocidad del motor.....	9
Gráfico 5-1:	Potencia versus velocidad del motor.....	9
Gráfico 6-1:	Rendimiento por galón Super versus Ecopaís	10
Gráfico 7-1:	Variación del consumo de combustible	11
Gráfico 8-1:	Consumo de Combustible con subsidio en prueba de ruta	11
Gráfico 9-1:	Ciclo Europeo NEDC	15
Gráfico 10-1:	Ciclo Europeo WLTC	16
Gráfico 11-1:	Ciclo Americano FTP-75	17
Gráfico 12-1:	Ciclo Americano HWFET	17
Gráfico 13-1:	Ciclo Ecuatoriano D.M.Q	18
Gráfico 14-1:	Ciclo de Conducción Urbano Cuenca	18
Gráfico 1-2:	Diagrama de Flujo – Metodología	20
Gráfico 2-2:	Ruta de prueba Mapa- Satélite	24
Gráfico 1-3:	Velocidad versus Tiempo- Vehículo 1 -Extra y Super	33
Gráfico 2-3:	Consumo en tiempo real- Combustible EXTRA- Vehículo B.....	34
Gráfico 3-3:	Consumo y Costos Combustible- Extra -Vehículo A.....	35
Gráfico 4-3:	Consumo en tiempo real- Combustible SUPER- Vehículo 1.....	35
Gráfico 5-3:	Consumo y Costos Combustible- SUPER -vehículo 1.....	36
Gráfico 6-3:	Velocidad versus Tiempo- Vehículo 2 -Extra y Super	37
Gráfico 7-3:	Consumo en tiempo real- Combustible EXTRA- Vehículo 2.....	38
Gráfico 8-3:	Consumo y Costos Combustible- Extra -Vehículo 2.....	38
Gráfico 9-3:	Consumo en tiempo real- Combustible SUPER- Vehículo 2.....	39
Gráfico 10-3:	Consumo y Costos Combustible- SUPER -vehículo 2.....	40
Gráfico 11-3:	Ciclo de Conducción Promedio Total	40
Gráfico 12-3:	Intervalos de Consumo vs Combustibles- Consumo	44
Gráfico 13-3:	Intervalos de Consumo vs Vehículos- Consumo.....	45
Gráfico 14-3:	Intervalos de Consumo vs Vehículos*Combustible- Consumo.....	46
Gráfico 15-3:	Intervalos de Costos vs Combustibles- Costos.....	47
Gráfico 16-3:	Intervalos de Costos vs Vehículos- Costos	48
Gráfico 17-3:	Intervalos de Costos vs Vehículos*Combustible- Costos	49

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: EXTRACCIÓN DE DATOS CON LOS SOFTWARES DE MATHWORKS.

ANEXO B: EXTRACCIÓN DE DATOS DE TORQUE PRO.

ANEXO C: RESULTADOS DE CICLO DE CONDUCCIÓN - VEHÍCULO A
COMBUSTIBLES EXTRA Y SUPER.

ANEXO D: RESULTADOS DE CICLO DE CONDUCCIÓN - VEHÍCULO B
COMBUSTIBLES EXTRA Y SUPER.

ANEXO E. DISTRIBUCIÓN F DE FISHER DE 0,05.

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo investigativo es analizar el rendimiento y costos de dos vehículos segmento B mediante un ciclo de conducción de ruta, tras un reemplazo de combustible de extra a super para determinar los efectos que provoca el cambio de octanaje dentro de un idéntico recorrido en kilómetros. La ejecución de las pruebas se dio a través de un circuito mixto de 16,3 kilómetros en la ciudad de Quito con un total de 12 evaluaciones en los automóviles Chevrolet Aveo Activo 1,6L 2010 y Chevrolet Corsa Wind 1,4L 2002. La determinación de la autonomía de los automotores se llevó a cabo mediante el uso de los softwares Matlab R2017a y Torque PRO, junto con un Scanner Automotriz OBD II ELM 327, con un idéntico protocolo en cada prueba. Para el análisis estadístico se utilizó el programa de ordenador Minitab presentando un análisis de varianzas consecutivamente por el método de la diferencia menos significativa de Fisher con una tolerancia de 5%. Se expresa como resultados que existen diferencias significativas entre los valores de los dos carburantes y vehículos, pero la interacción entre los mismos refleja un patrón similar en el consumo de combustible y sus costos, destacando que el vehículo con mayores beneficios en autonomía es el automotor con mayor cilindraje. Se concluye que si se desea cambiar de carburante de extra a super por un aumento en rendimiento se puede sacar una ligera ventaja no superior al 6% de sus propiedades en el desempeño del motor, pero si se toma una decisión considerando un cambio en función de los precios de combustible es aconsejable mantener el combustible extra. A su vez, se recomienda realizar pruebas estáticas en un dinamómetro automotriz con los ciclos de conducción adquiridos en la investigación junto con un scanner automotriz distinto.

Palabras clave: <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA> <CAMBIO DE OCTANAJE> <CICLO DE CONDUCCIÓN> <RENDIMIENTO DE COMBUSTIBLE> <COSTOS>.



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

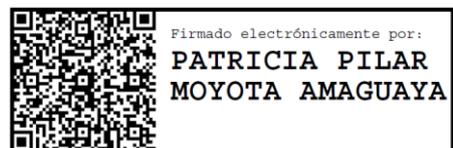
0049-DBRA-UPT-2022

2022-01-12

SUMMARY

This research aimed to analyze the performance and costs of two B-segment vehicles through an on-road driving cycle after a fuel replacement from extra to super to determine the effects of octane change within an identical kilometer run. The tests were carried out on a 16.3-kilometer mixed circuit in Quito city with a total of 12 evaluations on Chevrolet Aveo Activo 1.6L 2010 and Chevrolet Corsa Wind 1.4L 2002. The determination of automotive autonomy was carried out using Matlab R2017a and Torque PRO software, together with an OBD II ELM 327 Automotive Scanner, with an identical protocol for each test. It was employed the Minitab computer program for the statistical analysis. Presenting an analysis of variance consecutively by Fisher's least significant difference (LSD) with a tolerance of 5%. Highlighting that the vehicle with the greatest benefits in terms of autonomy is the vehicle with the highest displacement. It concluded that if the change of fuel from extra to super looking for an increase in performance; there is a slight advantage of no more than 6% of its properties in engine performance. But if a decision is made considering a change based on fuel prices it is advisable to keep the extra fuel. Likewise, it recommended performing static tests on an automotive dynamometer with the driving cycles acquired in the research together with a different automotive scanner.

Keywords: <TECHNOLOGY AND ENGINEERING SCIENCES> <OCTANE CHANCE>
<DRIVING CYCLE> <FUEL EFFICIENCY> <COSTS>.



INTRODUCCIÓN

Actualmente el Ecuador es uno de los países con un porcentaje de octanaje inferior en toda América Latina, por ende, la llegada de vehículos de alta gama con un mejor desarrollo tecnológico necesita de un carburante adecuado con un nivel de octanaje apropiado. Mientras la empresa pública de hidrocarburos encargada en el país proporcione un índice adecuado y llegue una mejora del nivel de octano en todo el país es prudente conocer las características físicas y químicas junto con sus rendimientos y la manera que estos pueden afectar económicamente al desempeño de un vehículo, cabe indicar que la última actualización en función de un porcentaje mayor se dio en el 2012. Lamentablemente en el país no se llega al valor mínimo de la norma Euro 3 con respecto al octanaje en combustible el cuál es de 95 octanos, norma que permite regular los límites aceptables para las emisiones contaminantes, cabe indicar que hace más de una década esta normativa salió de vigencia en Europa para entrar a la norma Euro 4, aclarando así que en el país existe un retraso sumamente considerable a nivel de regulación y sobre todo a nivel de calidad de combustible.

Los problemas políticos-sociales que se vienen tratando con el gobierno ecuatoriano no garantiza un precio fijo en la adquisición de hidrocarburos, esto permite tener en consideración que el mercado de carburantes en el momento menos pensado puede variar, implicando un subida de precios que perjudicarán al desarrollo económico del pueblo y sobre todo introduciendo a la población un probable cambio e inclinarse hacia la opción más económica en la adquisición de un combustible de un mayor o menor octanaje.

Por consiguiente, la presente investigación tiende a analizar los resultados del reemplazo de combustible de extra a super en dos vehículos que cuentan la misma sección, con un sistema a inyección electrónica que permiten un sustento de carburante mucho más controlado, para identificar si la evolución de la tecnología con respecto al sistema de inyección dentro de un motor ha proporcionado ventajas con respecto al rendimiento en kilómetros y sobre todo para identificar si existe una reducción económica que permita considerar un cambio de octanaje en un vehículo.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1 Antecedentes

El desarrollo tecnológico en el campo automotriz ha venido evolucionando en gran medida en todos los países en América, la introducción de vehículos europeos o asiáticos de alta gama al país ocasiona dificultad debido a la baja calidad de combustible en el país. Hay un aumento de 1,4 millones de vehículos en la última década (INEC, 2018), lamentablemente se estima que para que el país salga de los derivados del petróleo contaminantes de un porcentaje de octanos deficientes y obtenga una calidad adecuada para los vehículos de alta gama que ingresan al país, se estima una proyección que va entre diez a quince años, por consiguiente, el Ecuador debe adaptarse a los combustibles que se encuentran al alcance y en circulación en todas las gasolineras.

Existen investigaciones relacionadas con el octanaje en el país, con distintos métodos y pruebas para determinar la efectividad de este, pero lamentablemente existen contradicciones al analizar sus conclusiones, tal es el caso de los autores (Ávila & Ayala, 2013) con su estudio en el comportamiento de motores a gasolina respecto de la variación del octanaje y el autor (Morquecho, 2018) con su artículo enfocado al análisis de rendimiento en los vehículos por cambio de octanaje. Adicionalmente existe un desconocimiento poblacional frente al cambio de carburante, sobre todo en función del rendimiento de kilómetros por galón en un mismo vehículo.

1.2 Problematización

Al tener un vehículo con motor a combustión interna a inyección electrónica a gasolina el desconocimiento antes los efectos que se generan en su rendimiento, provocan incertidumbre ante una toma de decisión correcta o incorrecta respecto a un cambio imprevisto o repentino de octanaje, incluyendo que no existe una fuente de datos en el país que permitan conocer el consumo de combustible en vehículos.

1.2.1 Efectos económicos

El decreto ejecutivo N° 883 que se firmó en octubre del 2019 referente a la eliminación de los subsidios de los combustibles dio el inicio de una supuesta adaptación de cambio económico en la adquisición de hidrocarburos, puesto que tras el incremento económico de gasolina extra por galón de USD 1,85 a USD 2,22 (Pacheco, 2019) se presentaron incertidumbres frente a un cambio repentino de combustible en un mismo motor esto debido a que el precio de la gasolina súper se encontraba entre los USD 2,20 por galón en otras palabras un precio similar por un porcentaje de octanaje diferente.

Cabe indicar que la incertidumbre del mercado los hidrocarburos puedan fluctuar o si en algún decreto ejecutivo pueda cambiar nuevamente esta situación, por ello es de suma importancia conocer en base a una investigación si a largo plazo el elegir un carburante considerablemente más económico fuera de las especificaciones del fabricante nos proporciona realmente resultados económicos más accesibles a un rendimiento medianamente mayor o menor en un motor a combustión interna.

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

Existe una demanda de 41% de producción de gasolinas con nivel de calidad de 87 y 92 octanos a nivel nacional, determinando así que existe una gran cantidad de vehículos movilizadas con gasolina, en comparación del 17% de producción a diésel (Agencia de Regulaciones y Control Hidrocarburífero, 2018, p.41). El estudio acerca del rendimiento y costos en motores de combustión interna a gasolina tras un cambio de carburante tiene como finalidad determinar si el parámetro de calidad de los carburantes vigente en el país por la norma técnica ecuatoriana 2102, brinda un incremento o decremento en el rendimiento de un motor, el decreto ejecutivo 1054 (Moreno, 2020) proporciona el precio actual de los combustibles, en el hipotético caso de un aumento de su costo se desea evitar pérdidas económicas innecesarias al efectuar un cambio de gasolina y beneficiando

así conocimiento tanto de ingenieros, técnicos o personas relacionadas al campo automotriz, ofreciendo una decisión eficiente y objetiva respecto a estos dos tipos de carburantes que se manejan de manera habitual en el mercado del país.

Generalmente para la adquisición de datos del rendimiento de un vehículo se utilizan pruebas controladas en laboratorio o en ruta, pero en el país existe información limitada que no corrobora en plenitud la factibilidad del cambio de octanaje en un vehículo, existen afirmaciones como un “aumento de potencia y rendimiento en kilometraje” (Lucio, 2016) o a su vez “no mejora el rendimiento, en algunos casos, con la extra el motor va para atrás. Las diferencias negativas de potencia que se dan por la protección electrónica no son notables para el usuario, por lo cual pasa desapercibido”(El Tiempo, 2020).

Para que un vehículo sea considerado eficiente se necesitan varios parámetros o puntos que establezcan características en beneficio del automotor pero existe un denominador común en todos los clientes que buscan realizar una compra ideal, las características del rendimiento de un vehículo enfocado en el consumo de combustible en función de kilómetros recorridos, en otras palabras, el rendimiento de gasolina por kilómetro, es necesario investigar y conocer qué tanto beneficia un derivado del petróleo de mejor calidad al funcionamiento y desarrollo del motor, considerando también que en el país no existe una fuente de datos que permitan conocer el consumo de combustible en vehículos.

1.4 Objetivos

1.4.1 *Objetivo general*

Analizar el rendimiento y costos de dos vehículos segmento B mediante un ciclo de conducción promedio representativo de ruta tras un reemplazo de combustible extra a super para determinar los efectos que provoca el cambio de octanaje en un idéntico recorrido en kilómetros.

1.4.2 *Objetivos específicos*

- Desarrollar las pruebas en ruta para la extracción de ciclo de conducción promedio representativo para los dos vehículos.

- Extraer los valores de consumo de combustible con sus respectivos costos en los dos vehículos segmento B.
- Proporcionar un análisis comparativo frente a un cambio de combustible y vehículos para visualizar la variación entre los mismos.

1.5 Hipótesis

H1: Existen diferencias en los resultados de consumo de combustible y costos al utilizar carburante de 87 y 92 octanos.

H0: No existen diferencias en los resultados de consumo de combustible y costos al utilizar carburante de 87 y 92 octanos.

H1: Existe diferencia en los resultados de consumo de combustible y costos al utilizar dos vehículos segmento B de distinto cilindraje.

H0: No existe diferencia en los resultados de consumo de combustible y costos al utilizar dos vehículos segmento B de distinto cilindraje.

H1: Existen diferencias en los resultados de consumo de combustible y costos en la interacción de los carburantes y los vehículos.

H0: No existen diferencias en los resultados de consumo de combustible y costos en la interacción de los carburantes y los vehículos.

1.6 Estado del arte

1.6.1 *Efectos del octanaje por análisis de curvas características*

Las curvas de torque y potencia del funcionamiento representativo o en tiempo real proporciona un estudio adecuado debido al gráfico de un aumento en revoluciones por minuto en función de un incremento o decremento de torque o potencia, considerando que se realizan distintas pruebas con los octanos en el mercado ecuatoriano, la investigación realizada por los autores (Ávila y Ayala, 2013), se enfoca en dos tipos de pruebas para la extracción de datos, la primera consiste en pruebas estáticas por en un banco dinamométrico de chasis y un osciloscopio automotriz para la recopilación de información del comportamiento de los sensores.

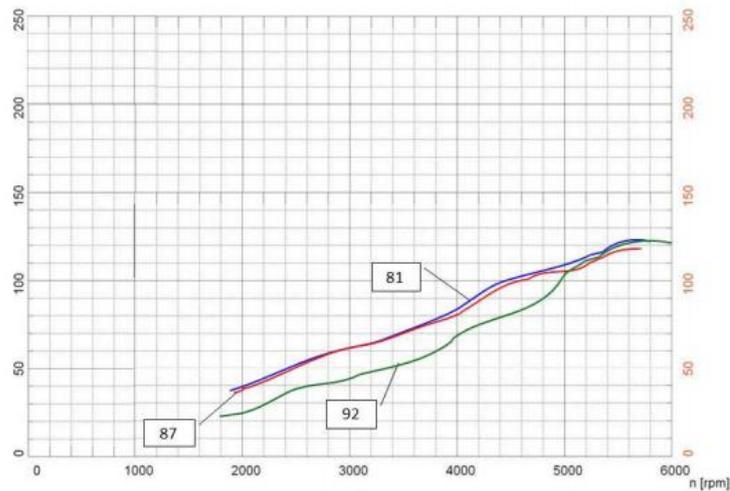


Gráfico 1-1. Curva HP vs rpm Ford Eco Sport 2.0L
Fuente: Ávila, D.; Ayala, J. 2013.

Como resultado en la primera prueba *Gráfico 1-1* se estableció que la potencia efectiva desarrollada por el octanaje de 92 grados fue menor en comparación al de 81 y 87 octanos, y estos a su vez presentaron características medianamente similares (Ávila y Ayala, 2013, p.97).

La segunda parte de la investigación se planteó realizar ensayos en ruta para identificar el comportamiento de los sensores, aportando un antes y después del incremento del octanaje.

Tabla 1-1: Sensor de Oxígeno Ford Eco Sport 2.0L

COMBUSTIBLE	VOLTAJE	800 [rpm]		1500 [rpm]		3000 [rpm]	
		Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
81 Octanos		63 mv	755 mv	120 mv	810 mv	155 mv	925 mv
87 Octanos		47 mv	765 mv	105 mv	830 mv	120 mv	935 mv
92 Octanos		20 mv	830 mv	65 mv	895 mv	75 mv	960 mv

Fuente: Ávila, D.; Ayala, J. 2013.

Los resultados que se reflejan en las características del funcionamiento en tiempo real de los sensores varía pero se debe destacar al sensor de oxígeno *Tabla 1-1* a un aumento de porcentaje de octanos a distintas revoluciones permite un estímulo acelerado en el embobinado de inducción, incluyendo que se mantienen constantes los valores del sensor de golpeteo pero si existe un aumento de eficiencia en el sensor O2 debido a que se presentó un aumento de amplitud de onda dando valores positivos en la eficiencia en el cambio octanaje en los cuatro vehículos de prueba, cabe indicar que en las pruebas en dinamómetro se repitió el fenómeno en los sensores. Para finalizar los autores concluyen expresando “El exceso de octanaje por un motor no agrega mayores beneficios, ni en términos de potencia ni en torque” (Ávila y Ayala ,2013, p.100).

Por otro lado, una investigación adicional en relación a las curvas características reflejadas por el desarrollo del motor tras un cambio de combustible proporcionado por el autor Miguel Loayza

(2019), en un vehículo Chevrolet Sail 1,5L rige sus pruebas en estado estático por medio de un dinamómetro y un escáner automotriz, llevando el vehículo a un valor de 6000 revoluciones por minuto en cuarta velocidad para así poder extraer sus curvas de torque y potencia con un combustible de diferente grado de octanaje a la vez. Cabe indicar que para realizar las pruebas se desconectó la bomba de combustible para ser sustituida por un canistel el mismo que fue conectado de manera directa al riel de inyección.

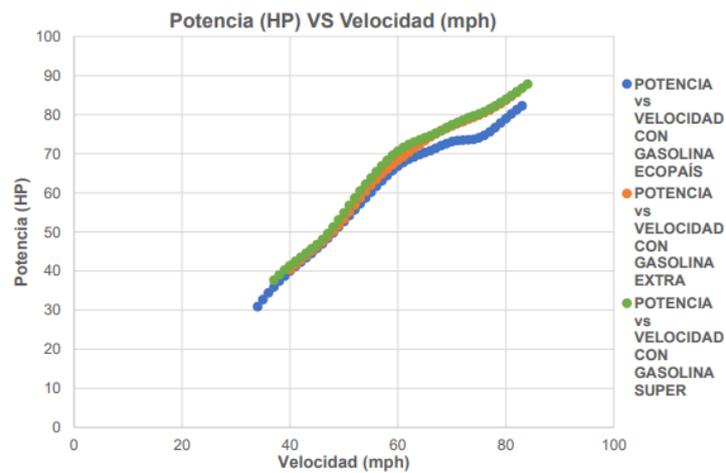


Gráfico 2-1. Potencias versus Velocidad con 3 gasolinas
Fuente: Loayza, M. 2019.

Los resultados arrojados por la investigación con el uso del dinamómetro se puede observar en el *Gráfico 2-1* que existe un incremento o un valor ligeramente superior con respecto a la potencia con el uso de los carburantes de 92 y 87 octanos, pero se presenta un notable un decremento con el combustible Ecopaís especialmente una velocidad de 75mph puesto que existe un rango de aproximadamente 8 HP (Loayza, 2019).

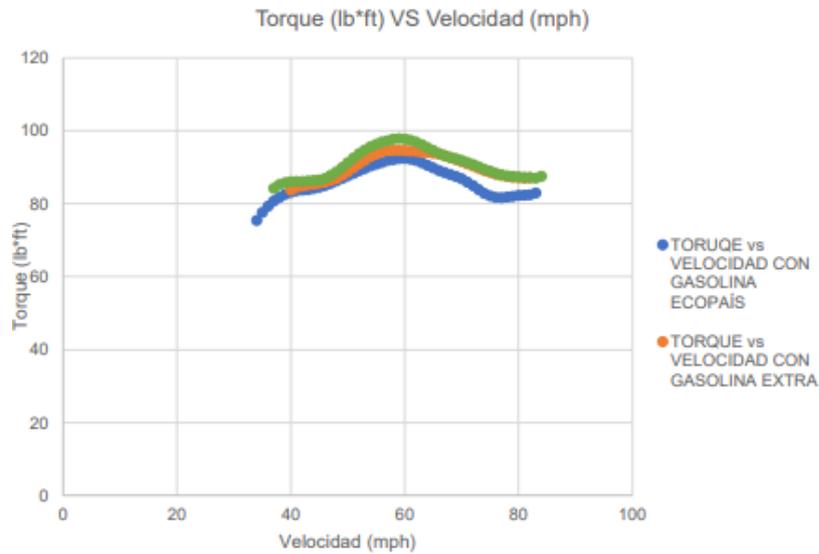


Gráfico 3-1. Torque vs Velocidad con 3 gasolinas

Fuente: Loayza, M. 2019.

Así mismo, otro de los resultados a destacar en la investigación es el *Gráfico 3-1* el cual expresa los valores de torque (lb*ft) con respecto a la velocidad (mph) los ensayos se refleja un ligero incremento en el par motor con el uso del combustible 87 y 92 octanos pero con una diferencia en la gasolina ecopaís debido a que se tiene una reducir aproximadamente 20 HP, en otras palabras existen mejores prestaciones con el uso de gasolina con mayor octanaje y sobre todo si resulta influyente la calidad del carburante en sus valores finales de potencia, torque y emisiones (Loayza, 2019).

En Malasia, por la Universiti Sains Malasia los autores basan sus estudios en las características de rendimiento en motores a combustión interna de encendido por chispa en función del índice de octanos en un motor Mitsubishi de un cilindro, cuatro ciclos y 125 centímetro cúbicos de la misma manera en ensayos por parte de un dinamómetro automotriz. Cabe indicar que en el país asiático los porcentajes de octano o también designado como RON por la traducción en inglés, es de mejor calidad con un rango de 95, 97 y 100, en comparación inferior a los niveles que se manejan en Latinoamérica. Para la extracción de datos se tomaron cinco pruebas en distintas revoluciones por minuto, iniciando en 1600 y culminando al 3200 rpm (Heng et al., 2018).

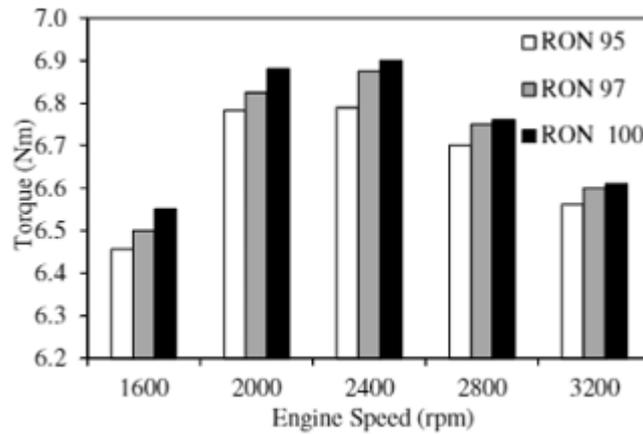


Gráfico 4-1. Torque vs velocidad del motor
Fuente: Heng, Y; et al., 2018.

Los resultados proporcionados en el *Gráfico 4-1* se puede observar que en las cinco pruebas realizados en distintas rpm el combustible con octanaje de 100 siempre proporciona un valor ligeramente mayor al RON de 97 y el RON 95 marca valores siempre inferiores en N*m en todas las pruebas, dando a entender que el octanaje si influye en la fuerza del motor, esto debido al mayor poder calorífico de los combustibles (Heng et al., 2018).

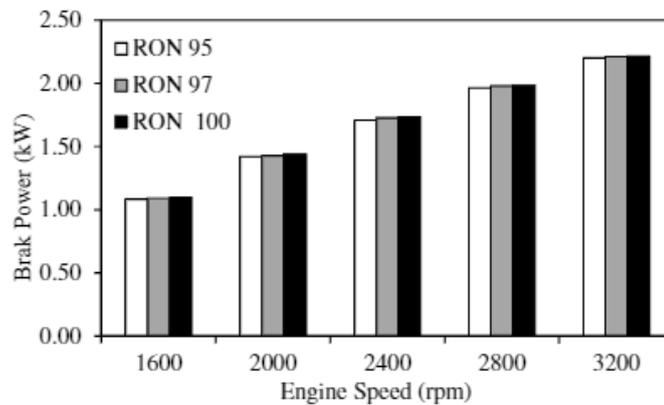


Gráfico 5-1. Potencia versus velocidad del motor
Fuente: Heng, Y; et al., 2018.

No obstante, los valores en relación a la potencia y la velocidad del motor en el *Gráfico 5-1* proporcionan valores en los que se tornan de una manera donde se visualiza una reducción considerable al margen de superioridad por parte del RON100 y se manejan potencias similar en el RON 97, sin embargo continúa manteniendo una ligera ventaja, pero es importante remarcar que el combustible con menor calidad en octanaje pierde aproximadamente un 0,5 KW de potencia en todas las prueba.(Heng et al., 2018).

1.6.2 Análisis de rendimiento por costos tras un cambio de octanaje

El ingeniero Morquecho, F, (2018) de la UIDE con su investigación en base al “Análisis de rendimiento y costos de los combustibles Ecopaís y Super” orienta su estudio en un automóvil marca Chevrolet modelo Aveo 2017 1.5L puesto a prueba en condiciones de cuatro rutas y mapeo distintas para poder calcular el rendimiento de galones consumidos en función de kilómetros recorridos.

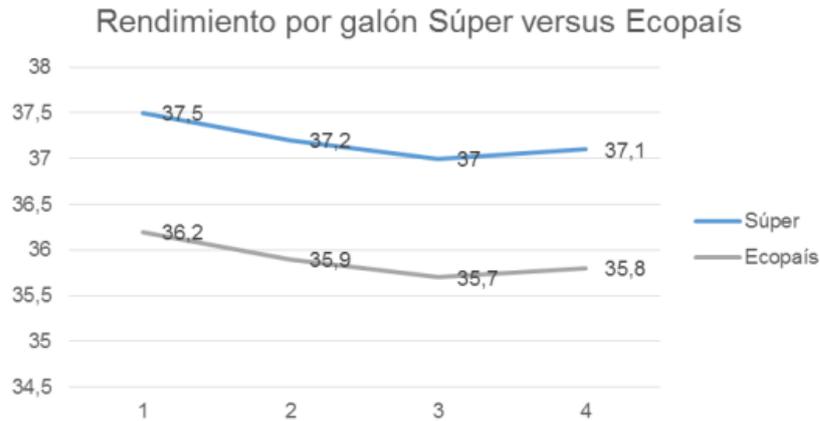


Gráfico 6-1. Rendimiento por galón Super versus Ecopaís
Fuente: Morquecho, F. 2018

Tabla 2-1: Consumo de gasolina versus costos

#	Gasolina Súper por galón			Gasolina Ecopaís por galón		
	Galones	Precio	Total	Galones	Precio	Total
1	0,17	2,98	0,50	0,18	1,47	0,40
2	0,10	2,98	0,29	0,10	1,47	0,22
3	0,49	2,98	1,46	0,51	1,47	1,12
4	0,76	2,98	2,26	0,79	1,47	1,73

Fuente: Morquecho, F. 2018

Los resultados por parte del autor en las cuatro pruebas realizadas se observan en el *Gráfico 6-1* que el carburante super en comparación con la Ecopaís presenta un consumo (km/gal) mayor, dando por entendido que a mediano y largo plazo va a existir un cambio económico creciente, no obstante, a largo plazo los componentes mecánicos dentro del sistema de inyección van a presentar deterioros debido a la baja eficacia del combustible de 85 octanos. Y como complemento en la *Tabla 2-1* con referencia al consumo de galones versus los costos se puede evidenciar el precio total proporcionado por las cuatro pruebas, constando así que en el mismo motor a inyección electrónica en circuitos establecidos en kilómetros y tiempos similares su variación se da en el precio (Morquecho, 2018).

De la misma forma, el estudio desarrollado para la extracción del consumo de combustible tras haber incluido aditivos líquidos y sólidos en el combustible de 87 octanos en un vehículo Volkswagen 1,8L nos proporciona una referencia en el método utilizado por ecuaciones estadísticas y gráficas de control de Shewart para los valores de rendimiento y los kilómetros a recorrer en pruebas dinámicas en un circuito mixto, adicionalmente en el estudio se evaluaron emisiones contaminantes en cada variante de prueba (Rocha-Hoyos et al., 2018).

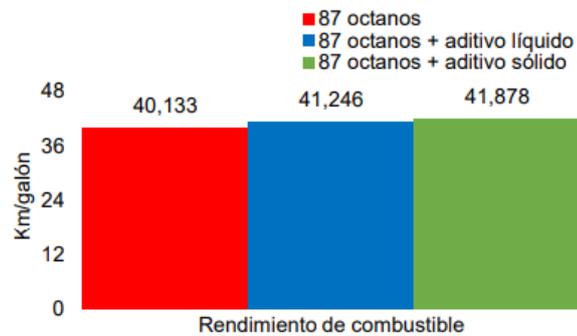


Gráfico 7-1. Variación del consumo de combustible
Fuente: Rocha-Hoyos, J.; et al, 2018.

Los resultados de la investigación han permitido por la *Gráfica 7-1* expresar que existe un incremento en el rendimiento del motor al aplicar aditivos en un nivel de octanaje de 87, destacando que el aditivo sólido proporciona un mejor rendimiento que el aditivo líquido (Rocha-Hoyos et al., 2018).

El estudio realizado por los autores Idrovo, D y Loayza, C (2017) se basa en los costos dentro de una prueba dinámica en un ruta, donde involucra una metodología estadística de estimación para las variables por combustibles, desgaste de neumáticos a largo plazo, mantenimientos preventivos o correctivos y costos fijos, realizado su prueba en tres distintos vehículos a gasolina y uno eléctrico en una distancia similar en kilómetros.

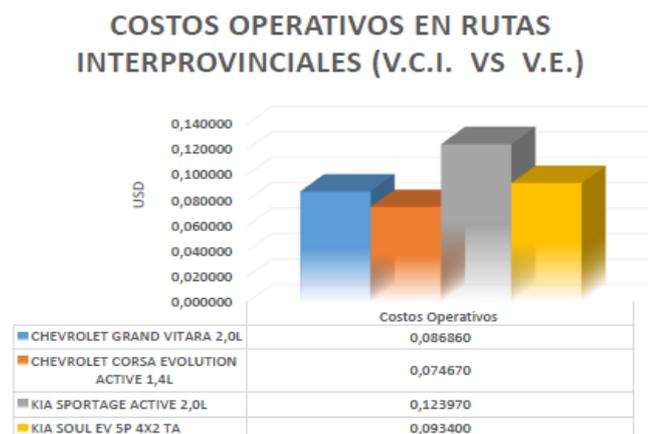


Gráfico 8-1. Consumo de Combustible con subsidio en prueba de ruta
Fuente: Idrovo, D.; Loayza, C. 2017.

Los resultados por parte de la investigación *Gráfico 8-1* con relación a uso de subsidios se refleja que un vehículo eléctrico tiene un precio elevado, considerando que se incluyeron costos variables y fijos en la investigación, en cuestión a motores a gasolina el vehículo Chevrolet Corsa 1.4L tiene un ahorro de 1.8 centavos proporcional a 20% de costo operativo de V.E, seguidamente del Gran Vitara 2.0L con 0,6 centavos equivalente a 7% del costo total del V.E , el Kia Sportage con 2.0L con 3.05 centavos evidenciando un 24.66% de ahorra con respecto al vehículo eléctrico (Idrovo & Loayza, 2017).

1.6.3 *Medición de Consumo de Combustible*

1.6.3.1 *Análisis Estadístico por Valores de Scanner*

Por medio de un escáner automotriz se puede extraer datos del porcentaje de litros/100km en una media de trayecto, porcentaje del tanque de combustible, velocidad y aceleración por GPS, tiempos y la distancia recorrida. Los valores deben continuar con proceso de análisis estadístico para que sean válidos y confiables es ese motivo es necesario realizar varias pruebas en las mismas condiciones para posteriormente trabajar con un análisis estadístico con las ecuaciones de media aritmética, varianza y desviación estándar (Riu, 2015).

Media Aritmética:

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

Varianza

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

Desviación Estándar

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Xi - X)^2}{N}} \quad Ec. 1 - 3$$

Control de Shewhart

El gráfico de control cumple la finalidad de informar al investigador si los datos extraídos tienden a demostrar un proceso controlado estadísticamente.

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

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

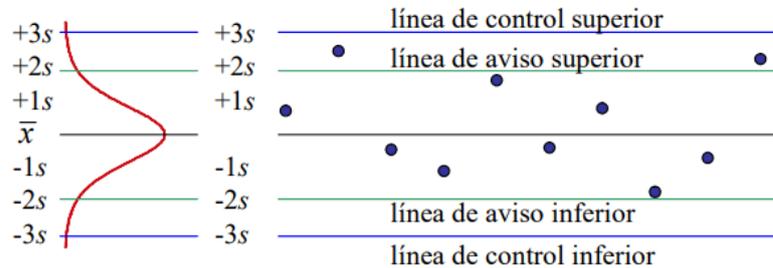


Figura 1-1. Líneas de aviso y control - Distribución de la muestra
Fuente: Riu, Jordi, 2015.

1.6.3.2 Por Dinamómetro de chasis

Los automóviles seleccionados deben colocarse en los tambores del dinamómetro adicionalmente es importante la desconexión el relé de la bomba de carburante para la instalación de un tanque externo. Posteriormente se lo conecta al riel de los inyectores para conectar un flujómetro que permita la recolección de datos, a través de la computadora que se encuentra conectada al dinamómetro y al flujómetro se ingresa el ciclo de conducción en el que se van a desarrollar las pruebas.

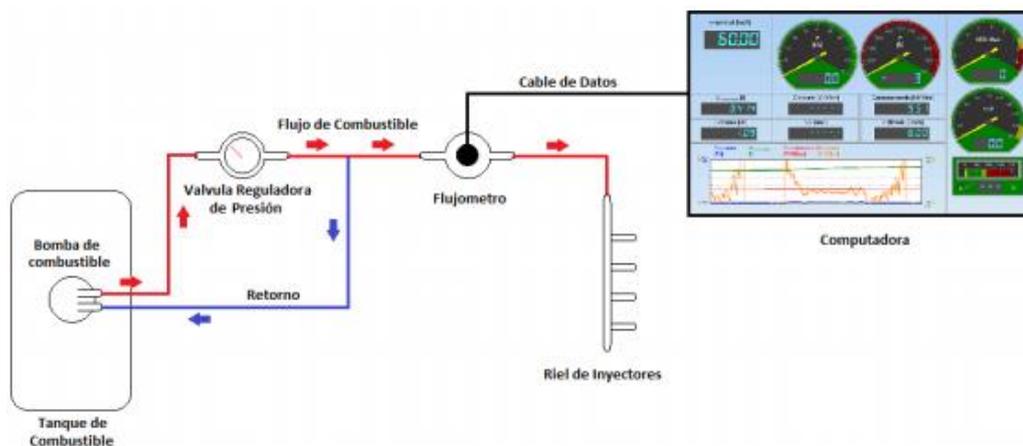


Figura 2-1. Conexión de flujómetro al riel de inyectores
Fuente: Cedillo, Andrés, 2017.

1.6.3.3 Norma SAEJ1321:2012

La normativa SAEJ1321 establece el procedimiento de prueba estándar de consumo de combustible, cabe indicar que esta normativa tiene una versión de 1986 y del 2014 denominada TMC RP 1102. Se debe tomar en cuenta las consideraciones establecidas para la prueba (SAE Internacional, 2012):

- La normativa establece que para tener una prueba satisfactoria solo es efectiva cuando existe una reiteración de estas, puesto que así se puede reducir el margen de error para garantizar su validez.
- Una prueba es validada cuando se cumplen los criterios de la normativa.
- Es necesario un análisis estadístico de los datos de prueba.
- Los resultados de la prueba son válidos solo para las especificaciones del vehículo, el ciclo de prueba y las mismas condiciones.

Tabla 3-1. Criterios de la Normativa

CRITERIO	SAEJ1321:2012
Validez de prueba única	Conclusivo para las condiciones de prueba
Precisión (Asumida)	Calculado
Ejecución Válida	Valor > Error
Grabación del tiempo	Continuo
Criterios	Viento: ≤12 mph; Viento: entre carreras ≤5 mph; Temp: 40 ° -100°, Rango 30°
Meteorológico	100 °, rango 30 °; Lluvia: No
Tipo de Vehículo	Idéntica
Peso de Vehículo	Idéntica
Sitio de prueba	On track (Opción en carretera)
Longitud de ejecución	Pista: > 50 millas, Carretera: > 100 millas
Ejecute el uso de combustible	<50%
Repetir tiempo de ejecución	± 0,25%
Tiempo de ejecución de T a C	± .50%
Gestión de combustible	Medidor de flujo, pesa digital
Efecto de Guiñada	Especificaciones del vehículo

Fuente: SAE Internacional, 2012

Realizado por: Saguay, Jonathan, 2021.

La prueba se desarrolla de manera dinámica en un ciclo de conducción, junto con el uso un tanque externo, se establece que se debe instalar un medidor de flujo. Y, sobre todo se necesita una pesa digital que marque los valores del peso del tanque con un valor en litros del 50% menor de su capacidad, al culminar con el ciclo establecido, se vuelve a pesar el tanque para establecer la variación que se tuvo en la prueba.

1.6.4 Ciclo de Conducción

Al referirnos a un ciclo de conducción automotriz hablamos sobre 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. Existen varias normalizaciones y metodologías para desarrollar un correcto ciclo de conducción.

La definición impartida por parte de Ingeniería Investigación y Tecnología se menciona que “Un ciclo de manejo es un perfil de velocidades trazado en un plano velocidad–tiempo, tomando en cuenta la tecnología del vehículo, las características del tráfico, de las carreteras, características climáticas, geográficas y también características de los mismos conductores”(González Oropeza, 2005, p.149).

1.6.4.1 Ciclo NEDC

El ciclo de conducción NEDC es uno de los ciclos de conducción más antiguos desarrollado en el continente europeo, con el auge de la producción de vehículos con mejor tecnología este ciclo de conducción ha quedado en un segundo plano (Juárez, 2019).

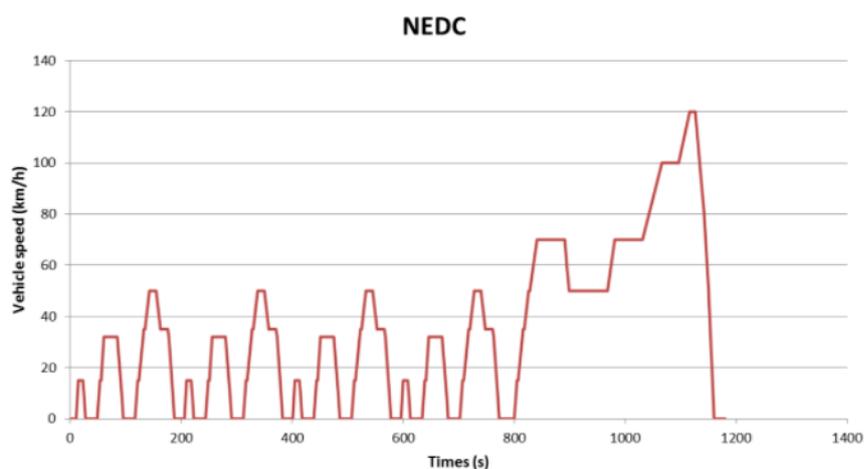


Gráfico 9-1. Ciclo Europeo NEDC

Fuente: Ibáñez, P. 2017.

El ciclo europeo como se puede observar en el *Gráfico 9-1* tiene una duración de aproximadamente 1900 segundos, en un recorrido de 11 kilómetros, esta prueba se dividió en dos partes, del segundo 0 al 800 se considera una ruta urbana y a partir de los 800 al final de la prueba se tomó como referencia a valores en carretera. La rapidez media torna en los 34km/h y rapidez máxima de 120 km/h (Juárez, 2019).

1.6.4.2 Ciclo WLTP

El ciclo de conducción WLTP es el más efectivo y el utilizado en la actualidad en el continente, se usa para el control de los vehículos ya sea en consumo de combustible o en el control de emisiones contaminantes, en esta prueba se tienen valores mucho más precisos con los que se puede realizar una investigación más precisa (Martínez, 2017).

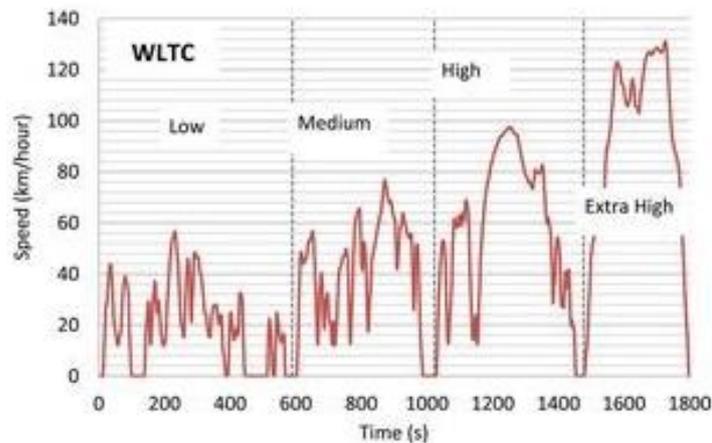


Gráfico 10-2. Ciclo Europeo WLTC

Fuente: Martínez, J. 2017.

En este ciclo se puede visualizar en el *Gráfico10-1* que consta de un tiempo de duración de 30 minutos en 23,25 kilómetros de recorrido, con una rapidez media de 46,5 km/h y una rapidez máxima de 131 km/h (Juárez, 2019).

1.6.4.3 Ciclo FTP-75

A diferencia de los ciclos europeos, el ciclo FTP-75 consta de pruebas específicamente en sectores urbanos, en otras palabras, su velocidad no va a llegar a ser tan elevada por sus desaceleraciones, aceleraciones y paradas.

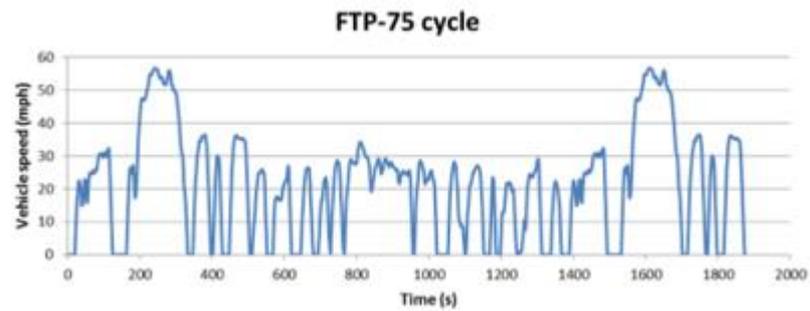


Gráfico 11-3. Ciclo Americano FTP-75
Fuente: Romain, N. 2013.

1.6.4.4 Ciclo HWFET

El ciclo de conducción HWFET es enfocado en pruebas concretamente en carreteras, es decir sin una desaceleración brusca ni paradas que tornen a un decrecimiento en velocidad en el gráfico del ciclo de conducción.

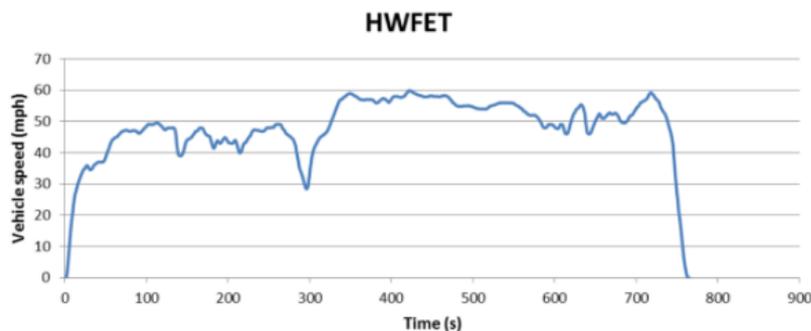


Gráfico 12-4. Ciclo Americano HWFET
Fuente: Romain, N. 2013

Las características que destacan y hacen único a este ciclo de conducción como se visualiza en el *Gráfica 12-1* consta de una prueba de recorrido de 16,503 kilómetros y una duración de 765 segundos o 12,75 minutos con una rapidez media 48,3 mph y una rapidez máxima de 60 (Romain, 2013).

1.6.4.5 Ciclo en el Distrito Metropolitano de Quito

Por parte de la Escuela Politécnica Nacional los autores Quinchimbla y Solís (2017) tomaron y analizaron distintos puntos de tránsito vehicular en distintas rutas de la ciudad de Quito, teniendo como base los distintos ciclos de conducción a nivel internacional para generar un modelo propio en la ciudad.

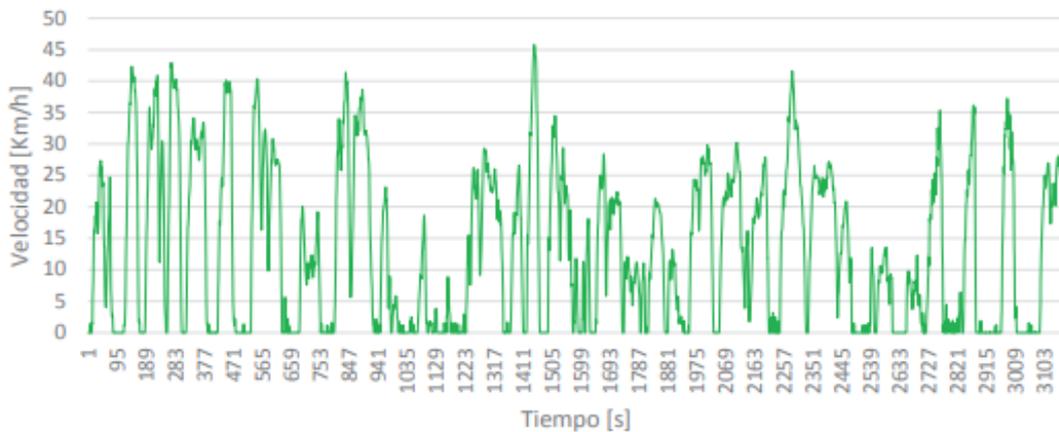


Gráfico 13-1. Ciclo Ecuatoriano D.M.Q

Fuente: Quinchimbla, F. ; Solís, J. 2017

Las características de este ciclo de conducción constan como se puede evidenciar en el *Gráfico 13-1* de una distancia recorrida de 11913,472 metros en un tiempo de 3169 segundos o 52,82 minutos, con una rapidez promedio de 13,261 km/h y una velocidad máxima de 45,771 km/h.

1.6.4.6 *Ciclo de Centro Histórico de la ciudad de Cuenca*

La Universidad Politécnica Salesiana por parte de sus autores Lima y Gálvez (2016) realizaron su investigación enfocándose en el desarrollo de un ciclo general de conducción con base a las calles o sectores que toman mayor tráfico o conflictos de movilización en la ciudad, con un total de doce pruebas o movimientos y distancias medianamente similares.

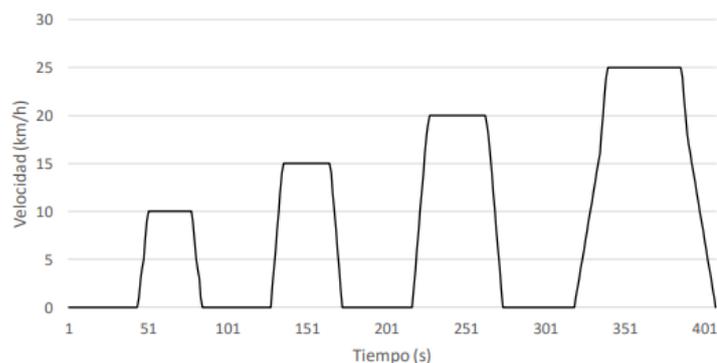


Gráfico 1-5. Ciclo de Conducción Urbano Cuenca

Fuente: Lima, B.; Gálvez, E. 2016

El ciclo de conducción desarrollado por los autores en el Gráfico 1-14 se puede constatar que se desarrolló con un tiempo de prueba de 408 segundos, a una velocidad media de 17,5 km/h y una velocidad máxima de 25 km/h.

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Método de Investigación

2.1.1. *Método Experimental*

La investigación gira en un método experimental debido a que manipula una o más variables de estudio en el que se desarrolla en una ruta dinámica establecida y los procesos de adquisición de datos se dan mediante equipos de medición ya sea para el establecer el ciclo de conducción por medio de un software e incluso un scanner automotriz donde permite tomar un registro de consumo de combustible instantáneo en tiempo real (Murillo et al., 2005: pp. 5-7).

2.1.2. *Método Hipotético- Deductivo*

El desarrollo de este método se maneja debido a que parte del conocimiento e información frecuente para llegar a profundizar en temas específicos, se desenvuelven hipótesis nulas como alternas que permiten identificar cuál es la ruta de prueba y las características de los vehículos, pero no sus valores de manera específica en rendimiento de combustible y los costos al aplicar un cambio de octanaje en el desenvolvimiento de los automotores en las mismas condiciones, tan solo se puede formular que al realizar el reemplazo de combustible en los vehículos segmento B se proporcionará mayor rendimiento y menores gastos económico con el uso de octanaje de mejor calidad (Puebla, 2010: pp. 3-7).

2.1.3. *Método Empírico de Medición*

El método empírico de medición se despliega por la necesidad de obtener información numérica acerca de una propiedad o cualidad del objeto en estudio, en este caso el rendimiento de combustible en un determinado tiempo por medio de un ciclo de conducción representativo de la ruta para los dos vehículos a prueba y sobre todo adquirir el valor económico que este consumo refleja a corto y largo plazo, para posteriormente realizar un análisis estadístico con los valores arrojados en cada una de las pruebas con cada automotor (Martínez y Rodríguez, 2011: pp. 4-5).

2.1.4. Método Cuantitativo

La presente investigación de experimentación establece variables de respuesta a las que se desea concluir, viendo a ser valores cuantificables de consumo ya sean en galones o litros y los costos en dólares en cada una de las pruebas (Martínez y Rodríguez, 2011: pp.33-35).

2.2. Diagrama de flujo de la Metodología

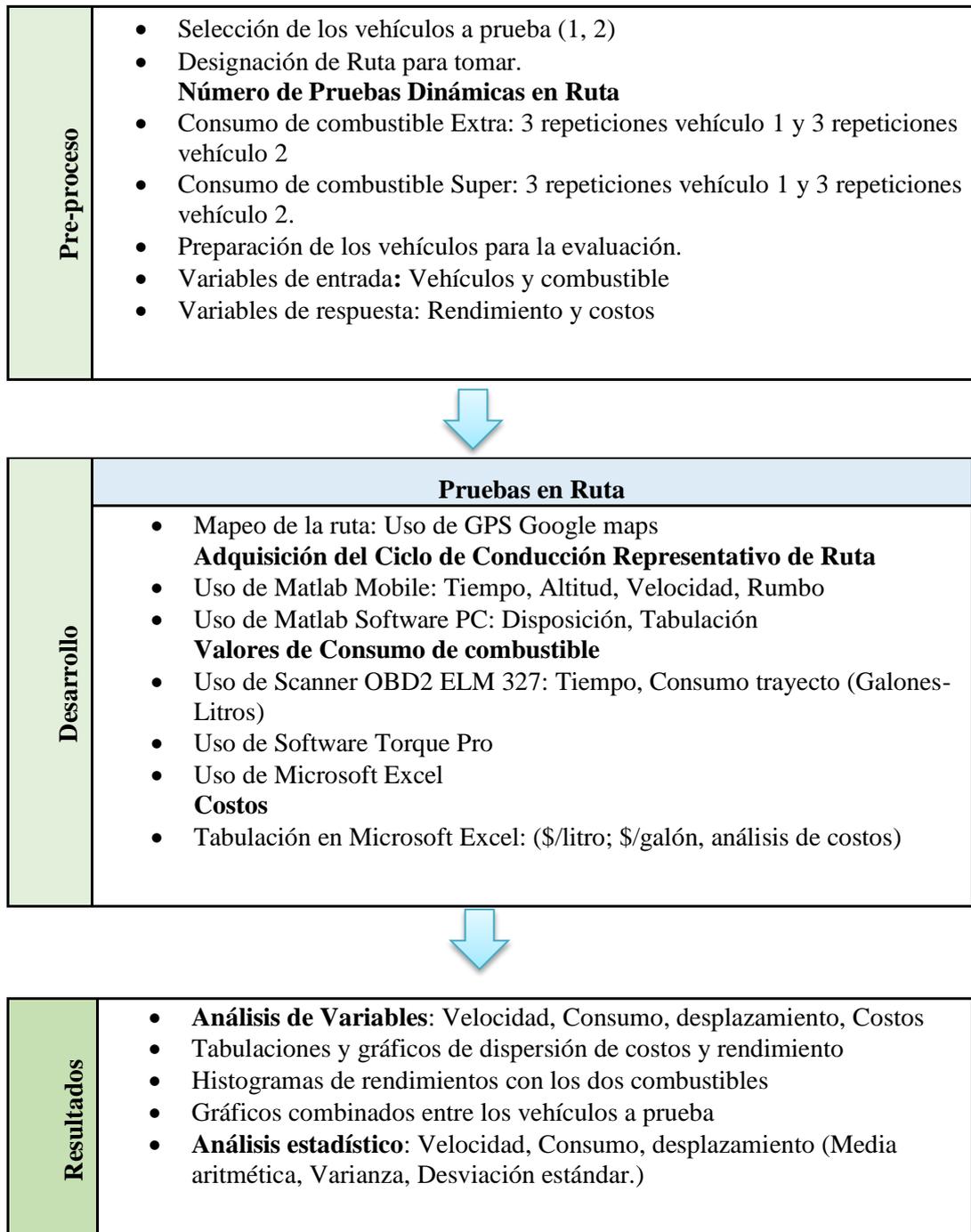


Gráfico 1-2. Diagrama de Flujo – Metodología
Realizado por: Saguay, Jonathan, 2021.

2.3. Protocolo de consumo de combustible

2.3.1. Análisis de Variables de entrada

2.3.1.1. Características de los vehículos a prueba

Los vehículos que se toman para el desarrollo de las pruebas son dos vehículos Chevrolet con cilindraje de 1,6L y 1,4L, ambos con motores a inyección electrónica, se puede visualizar sus características en las *Tablas 1-2* y *2-2*. Cabe indicar que se realizó un mantenimiento previo antes del inicio de las pruebas es decir una revisión de presión adecuada de neumáticos, bujías, filtros, aceite lubricante, pastillas de freno, todo ello para que no exista algún factor que afecten a los resultados en las pruebas.

Tabla 1-2: Ficha Técnica Vehículo 1

Características vehículo 1	
Marca	Chevrolet
Modelo	Aveo Activo
Año	2010
Cilindraje	1598cc
Relación de compresión	9,5:1
Peso	1125kg
Motor	Gasolina
Transmisión	Manual
Tracción	Delantera
Segmento	B
Tipo de carrocería	Sedan
Capacidad Tanque Comb.	11,89 galones
Consumo Ciudad	8,74l/100km
Consumo de Carretera	7,87l/100km
Ciclo Combinado	6,74l/100km



Fuente: Chevrolet, 2010

Realizado por: Saguay, Jonathan, 2021.

Tabla 2-1: Ficha Técnica Vehículo 2

Características vehículo 2	
Marca	Chevrolet
Modelo	Corsa
Año	2002
Cilindraje	1,389cc
Relación de compresión	9,4:1
Peso	1075kg
Motor	Gasolina
Transmisión	Manual
Tracción	Delantera
Segmento	B
Tipo de Carroceria	Hatchback
Capacidad Tanque Comb.	11,56 galones
Consumo Ciudad	9,44 l/100km
Consumo de Carretera	7,38 l/100km
Ciclo Combinado	6,81 l/100km



Fuente: Carerac, 2003

Realizado por: Saguay, Jonathan, 2021.

2.3.1.2. Características de Combustibles Utilizados

Las características que deben manejar las empresas encargadas de la producción de hidrocarburos por medio de los parámetros establecidos por el servicio ecuatoriano de normalización brindan a la investigación una contribución demostrativa con las propiedades de los carburantes que circula en el mercado ecuatoriano, en la *Tabla 3-2* se visualiza los valores de contenido de elementos químicos y porcentaje de destilación de los dos combustibles seleccionados para las pruebas propuestas (INEN, 2016).

Tabla 3-2: Propiedades Combustible EXTRA-SUPER

Características	EXTRA	SUPER	Unidad
Numero de Octano (RON)	87	92	--
Contenido de Azufre	0,065	0,065	%
Contenido de Aromáticos	30	35	
Contenido de benceno	1	2	%
Contenido de olefinas	18	25	%
Contenido de plomo	No detectable	No detectable	mg/L
Contenido de manganeso	No detectable	No detectable	mg/L
Contenido de hierro	No detectable	No detectable	mg/L
Destilación 10%	70	70	°C
Destilación 50%	121	121	°C

Destilación 90%	189	190	°C
Costos (Galón)	1,75	2,28	\$

Fuente: INEN, 2016

Realizado por: Saguay, Jonathan, 2021.

2.3.2. Zona de análisis

El Valle de los Chillos y el cantón Rumiñahui tiene un alto flujo de circulación diario cerca 80000 automóviles que pueden llegar a presentar inconvenientes en la movilización de pasajeros que salen del cantón o intentan ingresar al mismo, esto debido a la cercanía de la capital y sobre todo porque cuenta con un sector productivo que ocasiona un desplazamiento constante necesario (Arauz, 2020).

Las parroquias de Sangolquí, Amaguaña y Alangasí se encuentra ubicado el sector productivo de compañías, con 10034 empresas valor proporcionado por el Instituto Nacional de Estadística y Censos, siendo unos de los sectores más relevantes para el sector de la matriz productiva y un sector con algo grado de fluidez vehicular (Orozco, 2015).

La prueba dinámica en ruta se establece con el objetivo de analizar los escenarios en que los vehículos se van a desplazar considerando valores de distancia, tiempo y el consumo en cada prueba realizada, para la investigación se toma un recorrido en un circuito mixto equivalente a 16,3Km. En el *Gráfico 2-2* se puede apreciar el inicio del circuito *Puente 2* (Valle de los Chillos) y su descenso por la *Av. General Rumiñahui* hasta su punto crítico el Bulevar de Sangolquí, donde se comienza con el ciclo en Ciudad hasta la *Av. De los Shyris* en las oficinas de Avon debido a la ubicación neutra entre todas las empresas que se encuentran en los alrededores. En la *Tabla 4-2* se visualizan los destinos que los vehículos deben atravesar con sus respectivos kilómetros a recorrer, considerando que existe un mayor número de desplazamiento en carretera.

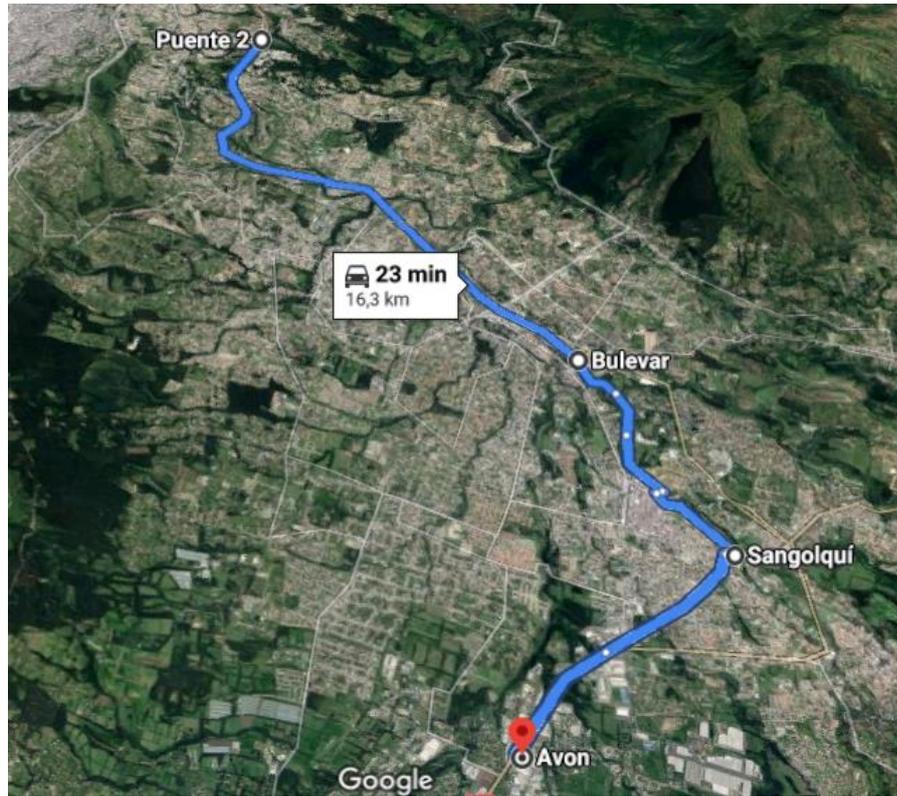


Gráfico 2-1. Ruta de prueba Mapa- Satélite

Fuente: Google Maps, 2020.

Tabla 4-2: Ruta de prueba combinada

Tramo	Distancia (Km)	Ciclo
Puente 2 - Bulevar Sangolquí (Av. Gral. Rumiñahui)	8,6Km	Carretera
Bulevar S. - Av. Luis Cordero- Av. De los Shyris (AVON)	7,7Km	Ciudad

Realizado por: Saguay, Jonathan, 2021

2.3.3. *Determinación de horas para desarrollo de pruebas*

El horario en la que se inician las pruebas es un factor que no debe pasar desapercibido para que los valores de respuesta tengan un sentido coherente y presentar una apología con sustento investigativo, un mayor recorrido de vehículos livianos, buses y camiones en un tramo específico de la avenida nos permite establecer una hora coherente para el inicio de una prueba, en la Tabla 5-2 se puede observar los resultados de realizar el conteo equivalente de vehículos que transitan por la Av. General Rumiñahui sentido Norte-Sur (Quishpe, 2015).

Tabla 5-2: Tráfico horario total equivalente

INTERV.	TRAFICO HORARIO TOTAL EQUIVALENTE		
	28-feb.	01-mar.	03-mar.
07:00 - 08:00	2075	895	1848
08:00 -09:00	1809	1040	1707
09:00-10:00	1632	1112	1837
10:00-11:00	1586	1303	1607
11:00-12:00	1643	1401	1657
12:00-13:00	1702	1447	1702
13:00-14:00	1699	1435	1619
14:00-15:00	1742	1458	1435
15:00-16:00	1813	1535	1292
16:00-17:00	1657	1504	1482
17:00-18:00	1744	1560	1698
18:00-19:00	1676	1433	1539
TRÁFICO DIARIO	20777	16123	19421

Fuente: Quishpe, M. 2015.

Los resultados de la Tabla 5-2 nos permiten identificar en base a estos horarios los tiempos donde existe un mayor flujo vehicular tanto de vehículos livianos, pesados, a e incluso motocicletas (Quishpe, 2015), por consiguiente las pruebas en los dos vehículos que se plantean en la presente investigación se toma como hora de partida de 7:05:00 a 7:12:00 am con el objetivo de finalizar las pruebas antes de las 8:00:00 am, puesto que al sobrepasar este tiempo ya no se trabajaría con un tráfico de ingreso de vehículos al cantón Rumiñahui.

2.3.4. Obtención del Ciclo de Conducción Representativo de Ruta

El ciclo de conducción promedio representativo forma de uno de los elementos primordiales para poder justificar la conducta de la ruta y las peculiaridades que posee en cada uno de los puntos críticos de la elección de la zona, al adquirir los valores de velocidad y tiempo es necesario utilizar aplicaciones de la licencia de Mathworks, un software matemático utilizado en distintas investigaciones por la veracidad de su funcionamiento, por consiguiente se utiliza este sistema con el fin de aprovechar la compatibilidad que se tiene entre la aplicación móvil con la de ordenador y dar un seguimiento a resultados en las pruebas de los vehículos segundo a segundo (Lima y Gálvez, 2016. pp:35-38).

2.3.4.1. Herramientas y Equipos utilizados

- **Matlab R2017a para ordenador**

Matlab es un software matemático de alto desarrollo en su lenguaje de programación, compatible con los sistemas operativos Windows, Mac y Linux creado por Mathworks, este sistema es

utilizado por científicos, investigadores e ingenieros en todo el mundo por sus múltiples usos. La aplicación cumple con las características de un lenguaje de alto nivel para cálculos científicos y de ingeniería, aplicaciones para ajustar curvas, clasificar datos, analizar señales, ajustar sistemas de control, etc. Adicionalmente, cabe recalcar que se usa este software para ordenador, con el objetivo de la tabulación e importación de datos (MathWorks, 2020).

Tabla 6-2: Requerimiento para una óptima instalación de Matlab

Requerimientos	
Sistema Operativo	Windows 10
Procesador	Intel o AMD x86-64
Disco	3,5GB solo para matlab, Instalación de 5-8GB
RAM	8 GB
Gráficos	No se requiere una tarjeta gráfica específica

Fuente: MathWorks, 2020

Realizado por: Saguay, Jonathan, 2021.

- **Matlab Mobile para Android**

Tabla 7-2: Datos que se extraen del software

Extracción de datos de Matlab Mobile	
Tiempo	Fecha/Hora/Minutos/Segundos
Latitud	°
Longitud	°
Altitud	Metros
Velocidad	m/s
Precisión H.	Adimensional

Fuente: MathWorks, 2020

Realizado por: Saguay, Jonathan, 2021.

Los lenguajes de programación C y Java son conocidos por el mundo de la ingeniería por ende otorga mayores beneficios y compatibilidad, así como su adquisición de forma libre en Google play, cumpliendo con varias características que se encuentran en el software de ordenador ya sean códigos de programación, gráficas, recolección de datos, etc. Cabe indicar que se debe crear y vincular una cuenta en Mathworks que permita enviar los datos recolectados desde el smartphone, incluyendo que para un aprovechamiento completo del software importante la conexión con red de internet en el smartphone, el software permite usar sensores del móvil, en la actualidad ya no es necesario ingresar códigos de programación para la activación de los sensores necesarios para la adquisición de valores en velocidad, tiempo, altitud, desplazamiento, etc, debido a que dentro de la aplicación existen comandos directos para su activación. (MathWorks, 2020).

2.3.5. Acondicionamiento de vehículos

Los dos vehículos antes de iniciar el procedimiento de pruebas para la extracción del consumo de combustible deben cumplir con requisitos necesarios para que los resultados adquiridos tengan escenarios parejos y reducir la posibilidad de una variación que pueda perturbar los valores numéricos y sobre todo disminuir los errores externos en la duración de la investigación por desperfecto de los vehículos, para ello se siguen las recomendaciones de (FLHSMV, 2020) que constan de:

- Descartar algún código DTC, confirmando que no se presente la luz del Check Engine encendida.
- Verificar el nivel del líquido de frenos, aceite de motor, aceite de la dirección hidráulica y el líquido refrigerante, si alguno de los sistemas no se encuentra a la altura adecuada es necesario complementar con el líquido adecuado.
- Comprobar la presión de los neumáticos en frío, con valores de 35 psi.
- Revisar el estado de la batería, su voltaje cuando el vehículo se encuentre encendido debe mantener entre 13,3-15,0 voltios y revisar el nivel del líquido de batería se halla en su nivel adecuado.
- Verificar que el sistema de frenos se encuentre en óptimas condiciones, revisión tanto de pastillas de freno en la parte superior como de tambores en las llantas posteriores para los dos vehículos.
- No encender el aire acondicionado, ni bajar las ventanillas para evitar desmejorar la aerodinámica de los vehículos.
- No transportar peso o accesorios innecesarios, es adecuado trasladar los vehículos lo más ligeros posible.

2.3.6. Procedimiento para la extracción de datos de velocidad-tiempo

1. Se debe ubicar el vehículo a prueba en el punto de inicio de la ruta establecida.
2. Se inicia cada una de las pruebas en los tiempos de 7:05:00 a 7:12:00 am.
3. Se constata que una vez activados los sensores de posición comienzan a marcar valores de longitud, altitud, latitud y sobre todo velocidad. Para el seguimiento del paso a paso del puesto a punto de los softwares se detalla en el ANEXO A.
4. Se debe esperar de 10 a 20 segundos para que los valores se estabilicen y se empieza con una velocidad de 0 m/s.

5. Una vez comenzado el desplazamiento y se debe comprobar que el tiempo se encuentre transcurriendo para confirmar que se inició la toma de datos.
6. Al llegar al punto final del recorrido es necesario detener el vehículo y verificar que los valores de velocidad nuevamente se encuentren en 0 m/s para continuar parando la toma de datos y detener el tiempo de medida.
7. Se debe transferir los valores de Matlab a Excel con el fin de manipular y determinar relaciones entre los ciclos de conducción en cada una de las pruebas.
8. Se repite 12 veces este procedimiento, puesto que 6 pruebas se realizaron para cada vehículo en donde 3 pruebas se realizan con combustible extra y 3 con combustible super en los dos automóviles.

2.4. Valores de consumo de combustible

Los valores del consumo de combustible permiten conocer la cantidad en galones o litros en un recorrido específico, el dispositivo electrónico desarrollado por Elm Electronics es uno de ellos puesto que se lo programó con el objetivo de calcular los rendimientos en función de los parámetros que se transmiten por el puerto OBD de los automotores a inyección electrónica, este dispositivo cumple con varias normativas SAE e ISO involucrando una conexión con la ECU fiable (Herramienta Automotriz, 2019).

2.4.1. Herramientas y equipos utilizados

2.4.1.1. Scanner Automotriz ELM 327

El dispositivo electrónico tiene varias funciones que permiten al usuario tener un control constante en el funcionamiento del vehículo, además de identificar los DTC o códigos de error permite conectarse con los datos de funcionamiento de varios sensores, adicionalmente permite tomar un registro de consumo de combustible instantáneo en tiempo real. Por parte de la norma SAEJ1979 PID- 5E 94 2 se establece la tasa de combustible en L/h. Las características de este dispositivo cuenta con (TOTAL CAR, 2016):

- **Protocolos OBD-II compatibles:**
 - ISO15765-4 (CAN)
 - J1850 PWM (vehículos Ford)
 - J1850 VPW (vehículos GM)
 - ISO9141-2 (vehículos asiáticos, europeos, americanos)

- ISO14230-4

Bluetooth: 16-50 pies.

Tasa de baudios: 9600 o 38400

LEDS indicadores: alimentación, OBD, PC (también se aplica al teléfono / tableta)

Voltaje de funcionamiento: 12/24 V de la batería del automóvil, con protección interna contra cortocircuitos / sobretensiones.

Corriente inactiva nominal: 45 mA

Tamaño de Elemento: 7 x 4.5 x 2.5cm

Peso del artículo: 41 gramos

Temperatura de funcionamiento: -4° a 131° F (-20° a 55° C)

Humedad de funcionamiento: 10 a 85% (sin condensación)

2.4.1.2. *Software Torque PRO*

La aplicación Torque Pro que necesita varios requisitos para que los valores emitidos sean lo más precisos posibles, considerando que la versión de pago trae consigo mayores beneficios, incluyendo un dispositivo portátil ya sea computadora o smartphone de 64GB o superior permite una comunicación con constante con el puerto OBD y es por donde se transferirán los datos de la ECU, las características que se hacen presentes en este software son (Solo Para Mecánicos, 2012):

- Muestra y restablece los diferentes códigos DTC
- Posee GPS
- Se puede personalizar el panel y el perfil del sistema
- Grabación del recorrido en tiempo real.
- Tiene una base de datos de los distintos códigos de falla
- Dispone de una variedad de temas para el fondo de pantalla del tablero de instrumentos
- Posee brújula que funciona con el GPS
- Alarmas de emergencia que se activan, si por ejemplo la temperatura del refrigerante se eleva demasiado mientras se conduce.
- Verificación del estado del sistema eléctrico y de los fusibles.
- Revoluciones por minuto en tiempo real del motor del vehículo, velocidad y aceleración.

2.4.2. Procedimiento para la extracción de datos de consumo

1. Se debe conectar el Scanner Elm 327 en el puerto OBD II del vehículo a prueba.
2. Se verifica la vinculación del scanner con el Software. Para el seguimiento del paso a paso del puesto a punto de los softwares se detalla un micro manual en el ANEXO B.
3. Selección de consumo de combustible en trayecto dentro la app.
4. Se inicia cada una de las pruebas en los tiempos de 7:05:00 a 7:12:00 am.
5. Se toma el tiempo exacto que se inicia la prueba en Matlab Mobile para una sincronización en la extracción de datos en Torque PRO.
6. Se considera el valor inicial de consumo de combustible que se marca en el dispositivo, esto debido a que su valor no será de 0 galones o litros puesto que el motor ya se encontrará encendido y con valores de consumo iniciales.
7. Se deben transferir los valores del sitio web Torque PRO a Excel con el fin de manipular y determinar una sincronización con el valor inicial del tiempo junto con los valores iniciales en el ciclo de conducción.
8. Se repiten 12 veces este procedimiento, 6 pruebas se realizaron para cada vehículo en donde 3 pruebas se realizan con combustible extra y 3 con combustible extra en los dos automóviles.
9. Para realizar el cambio de octanaje y se debe vaciar el tanque de combustible, desconectando el arnés de la bomba de combustible, mangueras y soportes, para realizarlo de forma externa. Una vez instalado se situó el octanaje pertinente y se recorrió el vehículo con el nuevo carburante por 20 minutos para que el sistema de inyección y la ECU se adapte al combustible.

2.5. Análisis de Variables de Respuesta

Tabla 8-2: Designación de Factores y Niveles

Factores	Niveles	Designación
Vehículos Segmento B	Chevrolet Aveo Activo 1,6L	1
	Chevrolet Corsa Wind 1,4L	2
Combustibles	Extra – 87 Octanos	87
	Super – 92 Octanos	92

Realizado por: Saguay, Jonathan, 2021.

La investigación en función del análisis de las variables establece la necesidad de un método estadístico que permita establecer resultados fiables. En la *Tabla 8-2* se establecen los factores y niveles del estudio y estableciendo una designación que permita una tabulación simplificada en la transcripción de los resultados.

Al determinar el comportamiento del estudio se toma como variables de entrada los factores de *Vehículos* y *Combustibles*, debido a que son los elementos en el que se basa el estudio, es decir comprobar el desarrollo de los automóviles en función de su rendimiento tras un cambio de octanaje y establecer por medio de un análisis estadístico la diferencia en proporción del recorrido en kilómetros y variación de costos (Durand-Villalobos, 2017).

Los niveles que se manejan como el primer factor son los vehículos segmento B del fabricante Chevrolet con los modelos Aveo y Corsa, puesto que con ambos automotores seleccionados se obtiene una comparativa para verificar si el patrón de rendimiento se replica o varía, y para el segundo factor denominado combustible se selecciona a los carburantes extra (87 RON) y super (92 RON) así misma forma alterar las condiciones de la investigación relacionar los valores de respuesta con cada cambio realizado (Durand-Villalobos, 2017).

2.5.1. 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 9-2: Pruebas a tomar para el análisis ANOVA

Niveles	Pruebas de Consumo	
Chevrolet Aveo Activo 1,6L	3 Extra	3 Super
Chevrolet Corsa Wind 1,4L	3 Extra	3 Super
Total	6 Extra	6 Super

Realizado por: Saguay, Jonathan, 2021.

La adquisición de resultados confiables necesita replicar pruebas en las mismas condiciones para cada vehículo, se debe extraer la media muestral de consumo y a su vez de costos de combustible 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 octanajes a utilizar (Rocha-Hoyos et al.,2019: pp.140-143).

2.5.1.1. Diferencia Menos Significativa (LSD)

La metodología LSD se usa al no tener presente discrepancia importante en la dispersión de los procedimientos, accediendo a identificar las diferencias significativas pequeñas siempre y cuando sus valores sean reales a pesar de obtener limitadas observaciones en las pruebas. Para la investigación se va a utilizar el software Minitab que plasmen las variables y poder comparar los diferentes niveles del factor con un valor crítico (Camargo, 2013).

CAPITULO III

3. MARCO DE RESULTADOS

3.1. Pruebas Vehículo 1

El vehículo Chevrolet Aveo Activo se sometió a tres pruebas en las condiciones similares para cada carburante con un total de seis pruebas con el objetivo de poder realizar un análisis estadístico y poder visualizar sus valores en gráficas, los resultados del ciclo de conducción representativo del *Gráfico 1-3* presenta la media que se extrajo de las tres pruebas con el carburante super y extra. Cabe indicar que las gráficas de cada una de las pruebas se encuentran en los ANEXO C.

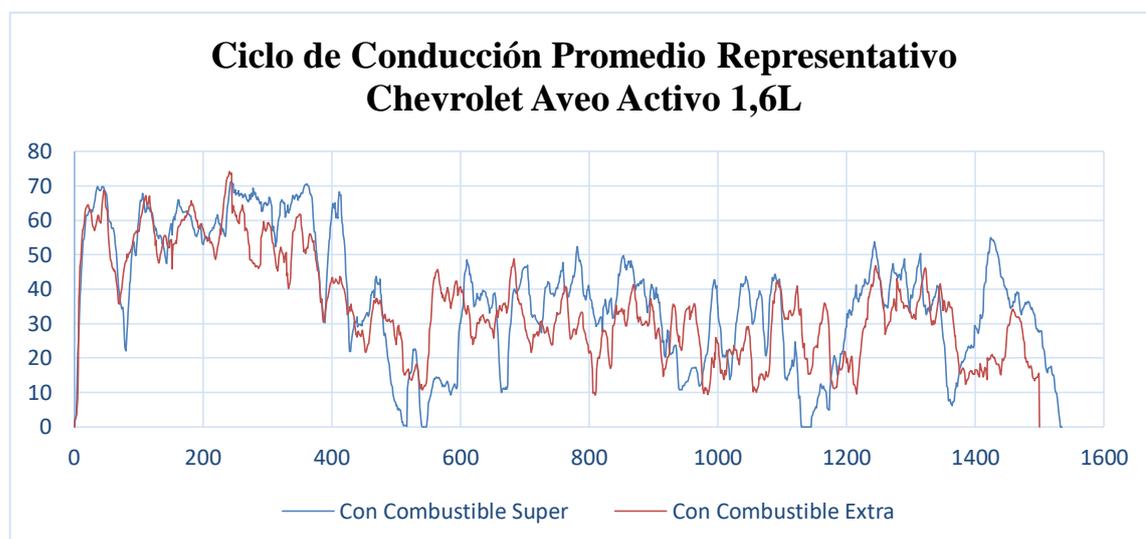


Gráfico 1-3. Velocidad versus Tiempo- Vehículo 1 -Extra y Super

Realizado por: Saguay, Jonathan, 2021.

Los resultados expresan un tiempo promedio con combustible Extra de 1500 segundos, junto con una velocidad máxima de 74.17 km/h, en donde se disponen dos segmentos, el primero un ciclo en carretera desde el inicio de la prueba hasta el segundo 509, y su ciclo urbano del 509 hasta el final de la prueba. Pero en el caso del ciclo de conducción promedio representativo con carburante super se tiene un tiempo total de 1535 segundos junto con una velocidad máxima de 71.34km/h y la división de los dos segmentos en el ciclo se da en el segundo 515.

Las pruebas de consumo de combustible en el vehículo 1 se reflejan en el *Gráfico 2-3*, considerando que fueron los resultados de consumo en tiempo real y una toma de datos segundo a segundo de los tres ensayos con combustible extra, en donde se puede visualizar que la prueba 1 culmina a los 1500 segundos y consta de un consumo de 1.43 litros, en el caso de la prueba 2 finaliza con un tiempo de 1421 segundos con 1.44 litros de consumo y en la prueba 3 se refleja un total de 1.44 litros en 1489 segundos.

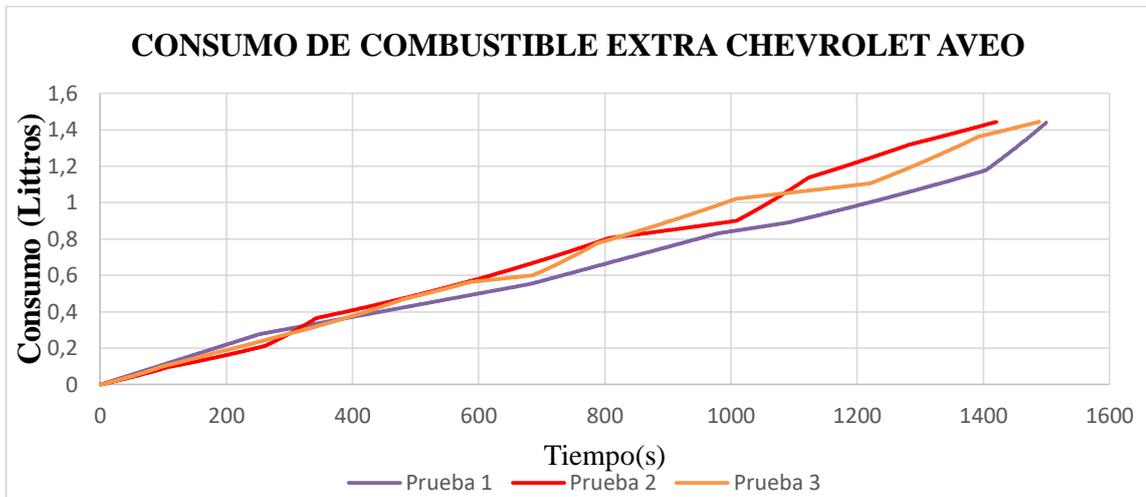


Gráfico 2-3. Consumo en tiempo real- Combustible EXTRA- Vehículo 1
Realizado por: Saguay, Jonathan, 2021.

El *Gráfico 3-3* ilustra los valores numéricos del consumo junto con el costo total en dólares al finalizar el recorrido en kilómetros de la ruta, para las tres pruebas es importante conocer cuál fue el costo total en cada prueba y su promedio al utilizar el vehículo con carburante Extra, para el cálculo del costo se utilizó el precio \$1.75 por 3.79 litros estableciendo una relación de proporcionalidad por los litros consumidos en cada prueba. Subrayando los valores promedio de consumo y costos que se dan en 1.44 litros y 0.66 dólares respectivamente.

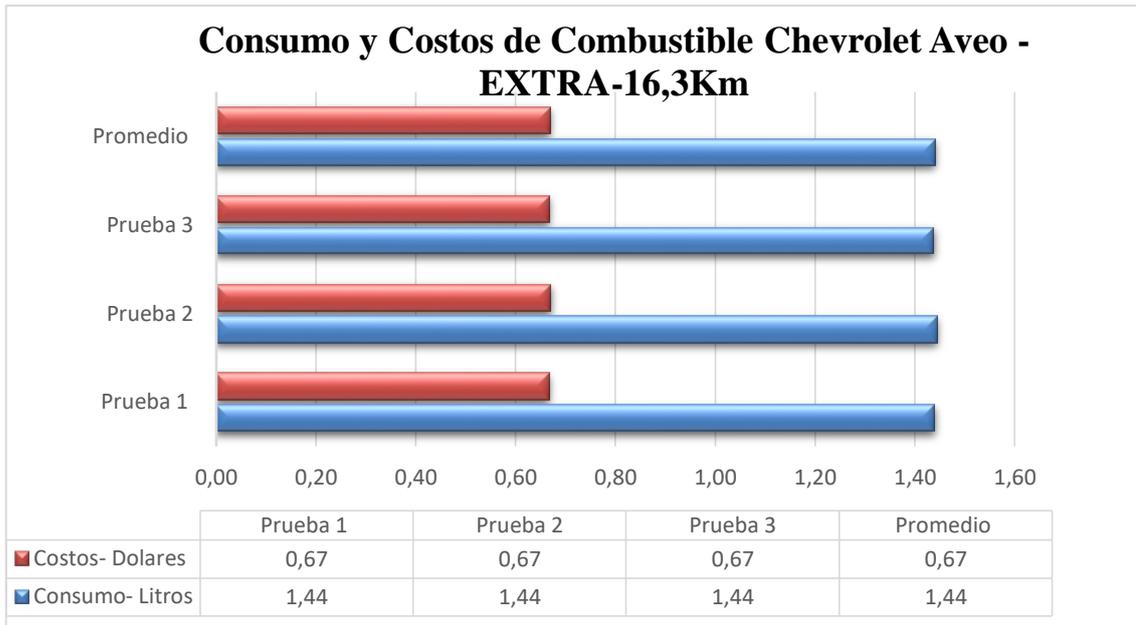


Gráfico 3-1. Consumo y Costos Combustible- Extra -Vehículo 1
Realizado por: Saguay, Jonathan, 2021.

De la misma manera, al realizar el cambio de combustible en el vehículo 1 se desarrollaron tres pruebas en las mismas condiciones para poder desarrollar el *Gráfico 4-3* que permite observar el consumo con el carburante de 92 octanos en las tres pruebas segundo a segundo, en donde se puede destacar que la prueba 1 finalizó a los 1535 segundos y consta de un consumo de 1.37 litros, en el caso de la prueba 2 finaliza con un tiempo de 1454 segundos con 1.35 litros de consumo y en la prueba 3 se refleja un total de 1.37 litros en 1511 segundos.

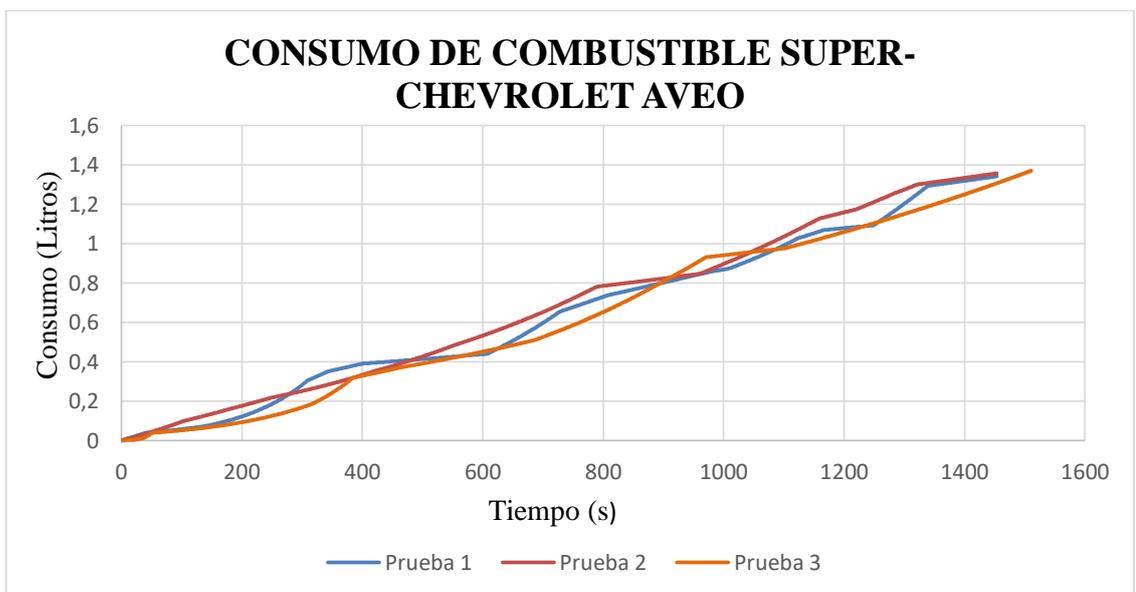


Gráfico 4-3. Consumo en tiempo real- Combustible SUPER- Vehículo 1.
Realizado por: Saguay, Jonathan, 2021.

El *Gráfico 5-3* refleja los valores numéricos del consumo junto con el costo total en dólares al finalizar el desplazamiento del vehículo 1 usando combustible de 92 octanos, se extrajo los valores en cada prueba para obtener un promedio en su consumo y costos, para el cálculo del costo se utilizó el precio \$2.28 por 3.79 litros estableciendo una relación de proporcionalidad por los litros consumidos en cada prueba. Destacando su promedio entre las tres pruebas de 1.37 litros de consumo al terminar la prueba con un costo promedio de 0.82 dólares.

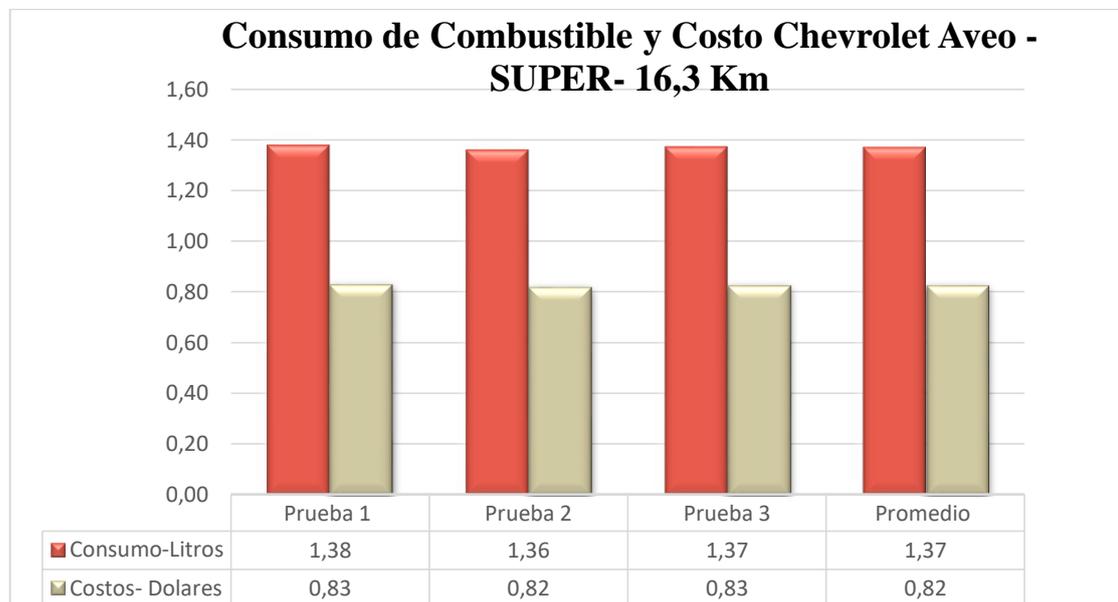


Gráfico 5-3. Consumo y Costos Combustible- SUPER -vehículo 1.
Realizado por: Saguay, Jonathan, 2021.

3.2. Pruebas Vehículo 2

El vehículo Chevrolet Corsa Wind se sometió a tres pruebas en las condiciones similares al vehículo A para cada combustible para poder alcanzar los valores o resultados que permitan un posterior análisis estadístico y gráficas representativas, los resultados del ciclo de conducción representativo del *Gráfico 6-3* presenta la media que se adquirió de las tres pruebas para cada combustible. De la misma manera las gráficas de cada una de las pruebas se encuentran en los ANEXO D.

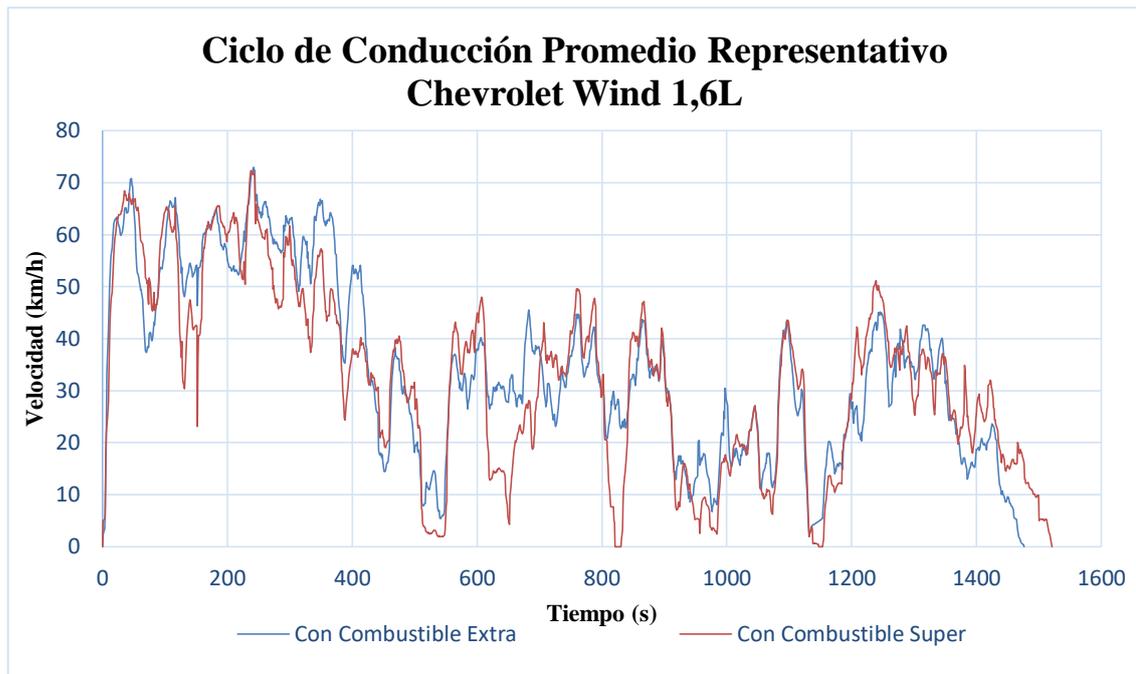


Gráfico 6-3. Velocidad versus Tiempo- Vehículo 2 -Extra y Super
Realizado por: Saguay, Jonathan, 2021.

Los ciclos de conducción promedios representativos adquiridos expresan un tiempo promedio con combustible Extra de 1476 segundos, junto con una velocidad máxima de 72.981 km/h, en donde se disponen dos segmentos, el primero un ciclo en carretera desde el inicio de la prueba hasta el segundo 536, y su ciclo urbano del 536 hasta el final de la prueba. Pero en el caso del ciclo de conducción promedio representativo con carburante super se tiene un tiempo total de 1521 segundos junto con una velocidad máxima de 72.33km/h y la división de los dos segmentos en el ciclo se da en el segundo 548.

Las pruebas de consumo de combustible en el vehículo 2 se reflejan en el *Gráfico 7-3*, considerando que fueron los resultados de consumo en tiempo real y una toma de datos segundo a segundo de los tres ensayos con combustible extra, en donde se puede visualizar que la prueba 1 culmina a los 1476 segundos y consta de un consumo de 1.51 litros, en el caso de la prueba 2 finaliza con un tiempo de 1437 segundos con 1.49 litros de consumo y en la prueba 3 se refleja un total de 1.57litros en 1462 segundos.

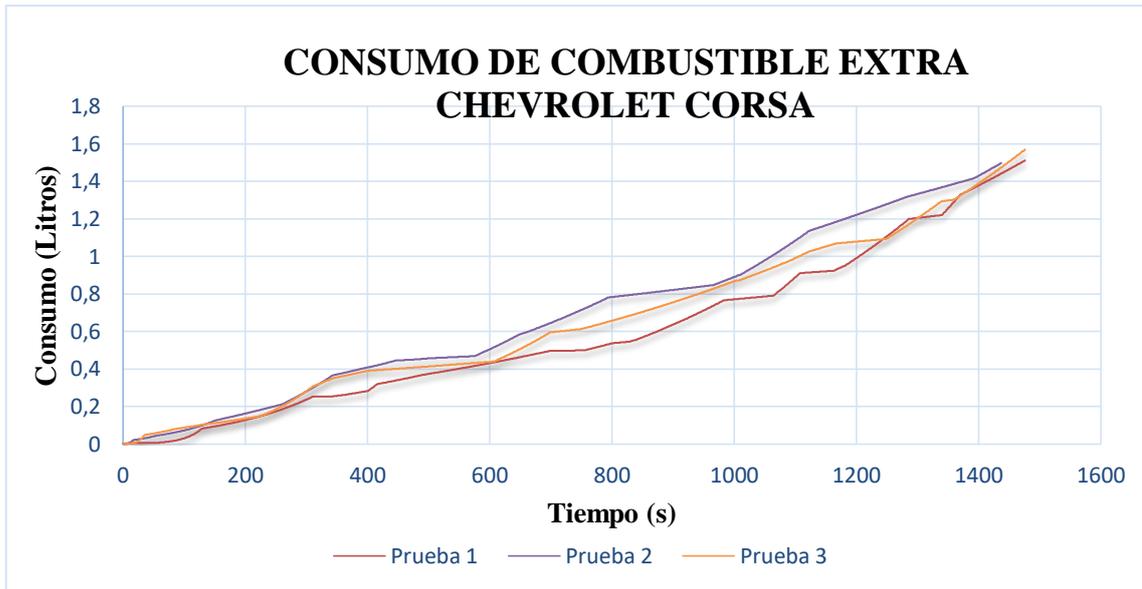


Gráfico 7-3. Consumo en tiempo real- Combustible EXTRA- Vehículo 2.
Realizado por: Saguay, Jonathan, 2021.

El Gráfico 8-3 ilustra los valores numéricos del consumo junto con el costo total en dólares al finalizar el recorrido en kilómetros de la ruta, para las tres pruebas es importante conocer cuál fue el costo total en cada prueba y su promedio al utilizar el vehículo con carburante Extra, para el cálculo del costo se utilizó el precio \$1.75 por 3.79 litros estableciendo una relación de proporcionalidad por los litros consumidos en cada prueba. Destacando los valores de 1.52 litros de consumo promedio en la culminación de los ensayos y un costo promedio de 0.70 dólares.

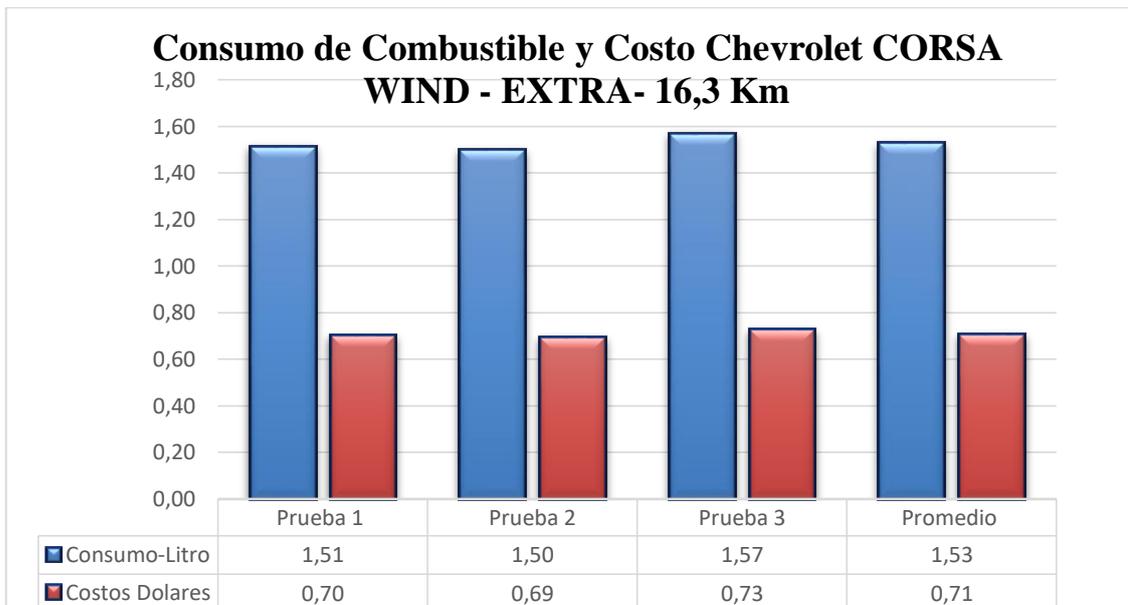


Gráfico 8-3. Consumo y Costos Combustible- Extra -Vehículo 2
Realizado por: Saguay, Jonathan, 2021.

Asimismo, al realizar el cambio de combustible en el vehículo 2 se desarrollaron tres pruebas en las mismas condiciones para poder desarrollar el *Gráfico 9-3* que permite observar el consumo con el carburante de 92 octanos en las tres pruebas segundo a segundo, en donde se puede visualizar que la prueba 1 culmina a los 1521 segundos y consta de un consumo de 1.49 litros, en el caso de la prueba 2 finaliza con un tiempo de 1480 segundos con 1.41 litros de consumo y en la prueba 3 se refleja un total de 1.38 litros en 1454 segundos.

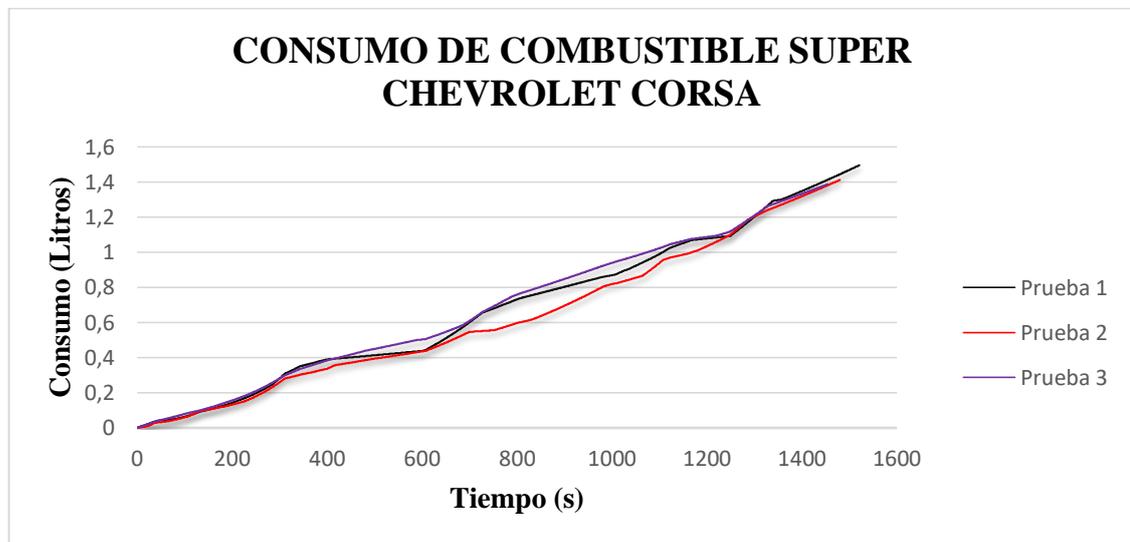


Gráfico 9-3. Consumo en tiempo real- Combustible SUPER- Vehículo 2.

Realizado por: Saguay, Jonathan, 2021.

El *Gráfico 10-3* instruye los valores numéricos del consumo junto con el costo total en dólares al finalizar el desplazamiento del vehículo Chevrolet Corsa usando combustible super, se extrajo los valores en cada prueba para obtener un promedio en su consumo y costos, para el cálculo del costo se utilizó el precio \$2.28 por 3.79 litros estableciendo una relación de proporcionalidad por los litros consumidos en cada prueba, concluyendo con los valores promedio de las pruebas de 1.43 litros y 0.86 dólares en los 16.3 kilómetros recorridos.

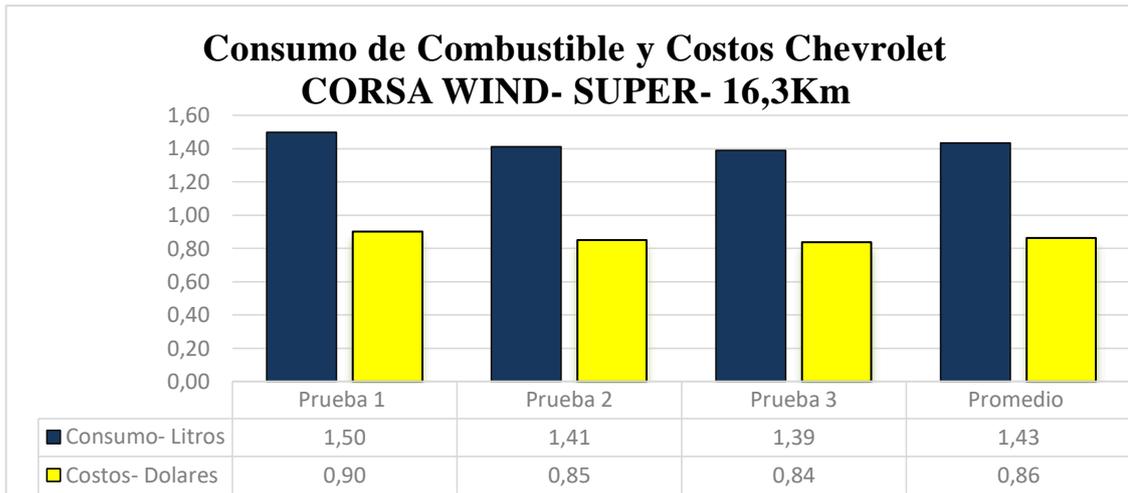


Gráfico 10-3. Consumo y Costos Combustible- SUPER -vehículo 2.
Realizado por: Saguay, Jonathan, 2021.

3.3. Ciclo de Conducción General de la Ruta

El Gráfico 11-3 es una de las gráficas más representativas de la investigación puesto que reúne todos los valores numéricos de velocidad y tiempo de todas las pruebas realizadas en los dos vehículos, por medio de las características de la gráfica se pueden apreciar los incrementos y decrementos de la velocidad dentro del circuito seleccionado para las pruebas, con los valores adquiridos es posible en futuras investigaciones utilizar este ciclo para obtener datos en un ambiente mucho más controlado como un dinamómetro automotriz.

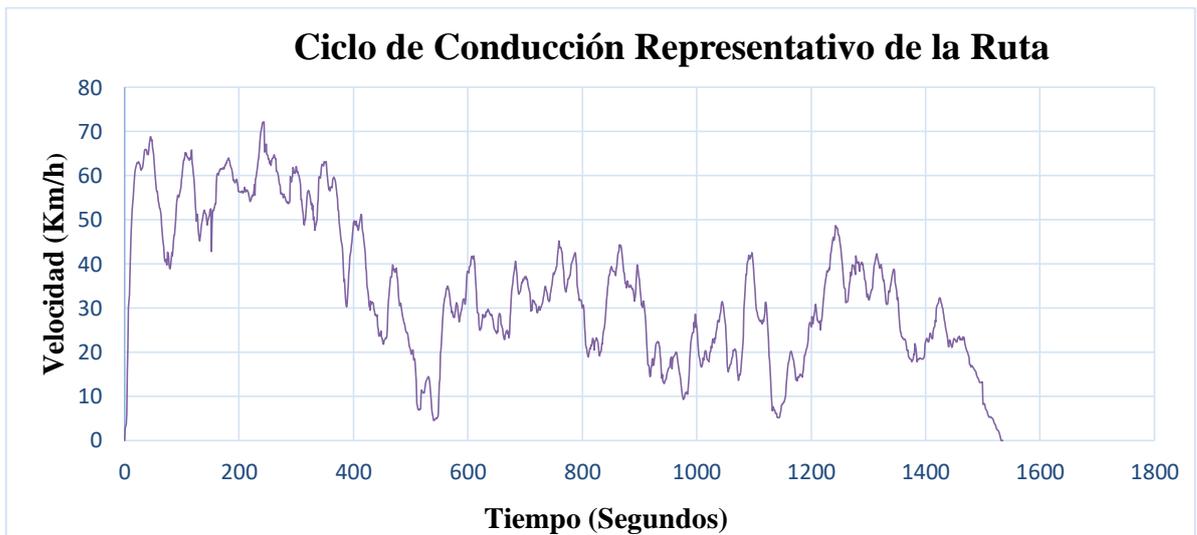


Gráfico 11-3. Ciclo de Conducción Promedio Total
Realizado por: Saguay, Jonathan, 2021.

Las características que el ciclo extraído establece son que tiene un tiempo de recorrido total de 1532 segundos, con una velocidad máxima de 72.23 km/h en donde se visualizan dos segmentos,

el primero representando al ciclo en carretera con una duración hasta el segundo 547 y su ciclo urbano del segundo 547 hasta la culminación de la prueba.

3.4. Análisis Estadístico

3.4.1. Análisis ANOVA

3.4.1.1. Consumo de Combustible (Litros) y Costo (USD)

El análisis de varianza nos permite generar un modelo lineal general donde se especifican los factores de combustible y vehículos con sus respectivos niveles, en esta investigación se analizan los tipos de carburante de 87 y 92 octanos junto con los vehículos Chevrolet Aveo Activo con denominación de 1 y el vehículo Chevrolet Corsa Wind con referencia de 2, los mismos que servirán de valores fundamentales en el ingreso de valores en Minitab (Minitab, 2019).

Tabla 1-3: Información de los factores

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Combustible	Fijo	2	87; 92
Vehículos	Fijo	2	1; 2

Fuente: (Minitab, 2019)

Realizado por: Saguay, Jonathan, 2021.

Partiendo del análisis de varianza de la *Tabla 2-3* de consumo de combustible y la *Tabla 3-3* proporcionadas por software Minitab es importante indicar que se toma en cuenta una confiabilidad de 0,95 y una significación del 0,05 por lo que se visualizan los factores de combustible, vehículos y la interacción entre ambos con sus respectivos valores numéricos de grados de libertad, suma de cuadrados, cuadrados medios, valor de F de Fisher y P de probabilidad (Minitab, 2019).

Tabla 2-3: Análisis de Varianza – Consumo de Combustible (Litros)

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Combustible	1	0.020279	0.020279	16.57	0.004
Vehículos	1	0.017078	0.017078	13.95	0.006
Combustible*Vehículos	1	0.000355	0.000355	0.29	0.605
Error	8	0.009793	0.001224		
Total	11	0.047505			

Fuente: Minitab, 2019

Realizado por: Saguay, Jonathan, 2021.

Tabla 3-1: Análisis de Varianza – Costos (UDS)

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Combustible	1	0.073680	0.073680	194.78	0.000
Vehículos	1	0.004343	0.004343	11.48	0.010
Combustible*Vehículos	1	0.000001	0.000001	0.00	0.971
Error	8	0.003026	0.000378		
Total	11	0.081050			

Fuente: Minitab, 2019

Realizado por: Saguay, Jonathan, 2021.

En consecuencia se deben extraer los valores de F estandarizados en la tabla del método de Fisher para posteriormente analizarlos junto a los valores de F adquiridos a través de los factores y niveles de la investigación tanto para los resultados de combustible como de costos, acto seguido aceptar o rechazar las hipótesis nulas y alternativas, en el ANEXO H correspondiente a los valores de distribución F de Fisher de 0,05 se ilustran los grados de libertad o GL del numerador pertenecientes a los valores de los factores (eje x) con los del denominador (eje y) equivalencia al error experimental. En las Tablas 4-3 se observan los valores numéricos de F extraídos de la tabla y del análisis de varianza o *Fprueba Consumo* y *Fprueba Costos* (Suárez, 2012).

Tabla 4-3: Valores de Fisher de Tabla y Pruebas

Factores	GL Numerador	GL Denominador	<i>F</i> _{tabla}	<i>F</i> _{prueba Consumo}	<i>F</i> _{prueba Costos}
Combustible	1	8	5.32	16.37	194.78
Vehículo	1	8	5.32	13.95	11.48
Combustible* Vehículo	1	8	5.32	0.29	0.00

Realizado por: Saguay, Jonathan, 2021.

Al aplicar el procedimiento de la distribución F de Fisher y comparar los valores de F de tabla junto con los adquiridos en las pruebas de consumo y costos expresados en la Tabla 5-3 se puede identificar que en el caso de los valores de Combustible y Vehículos se encuentran dentro del área de α pues que si el F de tabla es menor que el F de prueba toma una significancia de rechazo de la hipótesis nula o en otras palabras la aceptación de la hipótesis alternativa de Combustible y Vehículos, por otro lado en la interacción de los dos factores su valor de F de pruebas de consumo y costos se encuentra dentro del intervalo del 95% de confiabilidad de esta manera concluir que se acepta su hipótesis nula (Suárez, 2012).

Tabla 5-3. Pruebas de Hipótesis- Consumo y Costos

<i>F</i>tabla $\alpha=0,05$		<i>F</i>prueba Consumo	<i>F</i>prueba Costos	<i>Decisión</i>
5.32	<	16.37	194.78	Hip. Alternativa
5.32	<	13.95	11.48	Hip. Alternativa
5.32	>	0.29	0.00	Hip. Nula

Realizado por: Saguay, Jonathan, 2021.

En conclusión, a partir del análisis ANOVA junto con la distribución F de Fisher conviene distinguir que las hipótesis que se aceptan son las hipótesis alternativas en los factores de combustibles y vehículos incluyendo que se acepta la hipótesis nula en la interacción entre los factores teniendo que, para ambos resultados de consumo y costos, teniendo así los enunciados de:

- Existen diferencias en los valores de consumo de combustible y costos al utilizar carburante de 87 y 92 octanos.
- Existe diferencia en los valores de consumo de combustible y costos al utilizar dos vehículos segmento B de distinto cilindraje.
- No existen diferencias en los valores de consumo de combustible y costos en la interacción de los carburantes y los vehículos.

3.4.2. Análisis LSD

3.4.2.1. LSD- Consumo de Combustible

Al concluir con el análisis de varianza con respecto al factor de combustible donde se negaba la hipótesis nula es necesario utilizar el análisis de diferencia mínima significativa de Fisher el mismo que cuenta con un grado de 95.0% de confianza con el objetivo de obtener una comparación entre las medias de consumo en los carburantes de 87 y 92 octanos, la *Tabla 6-3* refleja el número total de pruebas con sus respectivas medias, así como también los grupos homogéneos concluyendo que existe una diferencia significativa entre los dos carburantes (Pérez, 2013).

Tabla 6-3: Comparaciones de medias por Fisher LSD- Combustible (Consumo)

Combustible	Pruebas	Media	Grupos Homogéneos
Extra (87)	6	1.48	X
Super (92)	6	1.40	X

Realizado por: Saguay, Jonathan, 2021.

El *Gráfico 12-3* ilustra la comparativa por parejas de las medias del consumo con respecto a los dos combustibles, donde se expresa el efecto de usar Extra el mismo que tiene un valor de media

de 1.48L/16.3Km mientras que al emplear el combustible Super su valor es de 1.40L/16.3Km, lo que indica una reducción del consumo en litros del 5.53% al utilizar un carburante de 92 octanos siendo este el de mejor comportamiento una disminución de litros por kilómetros.

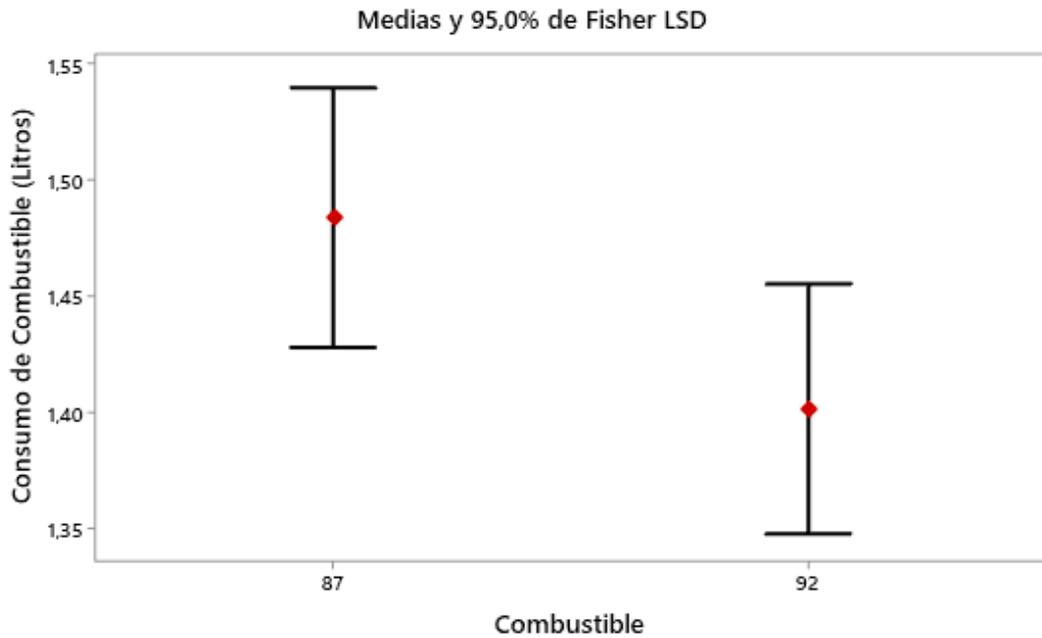


Gráfico 12-3. Intervalos de Consumo vs Combustibles
Realizado por: Saguay, Jonathan, 2021.

Los resultados concernientes al factor de vehículos al realizar el Análisis LSD de Fisher con 95% de confiabilidad se visualizan en la *Tabla 7-3* que la comparación entre las medias del vehículo Chevrolet Aveo Activo y el vehículo Chevrolet Corsa Wind tras seis pruebas en cada vehículo y recalando el efecto que se da en los grupos homogéneos donde se refleja la existencia de una diferencia significativa en consumo de combustible al utilizar los dos vehículos.

Tabla 7-3: Comparaciones de medias por Fisher LSD- Vehículos (Consumo)

Vehículos	Pruebas	Media	Grupos Homogéneos
2	6	1.48	X
1	6	1.40	X

Fuente: Minitab, 2019

Realizado por: Saguay, Jonathan, 2021.

Al utilizar el gráfico comparativo de intervalos de consumo de combustible y vehículos se obtiene una media de 1.48L para el vehículo Chevrolet Aveo Activo y 1,405 L para el vehículo Corsa Wind concluyendo que existe un aumento de consumo de 5.71% al utilizar el segundo automotor, llevándose mejores valores de rendimiento el vehículo Aveo Activo.

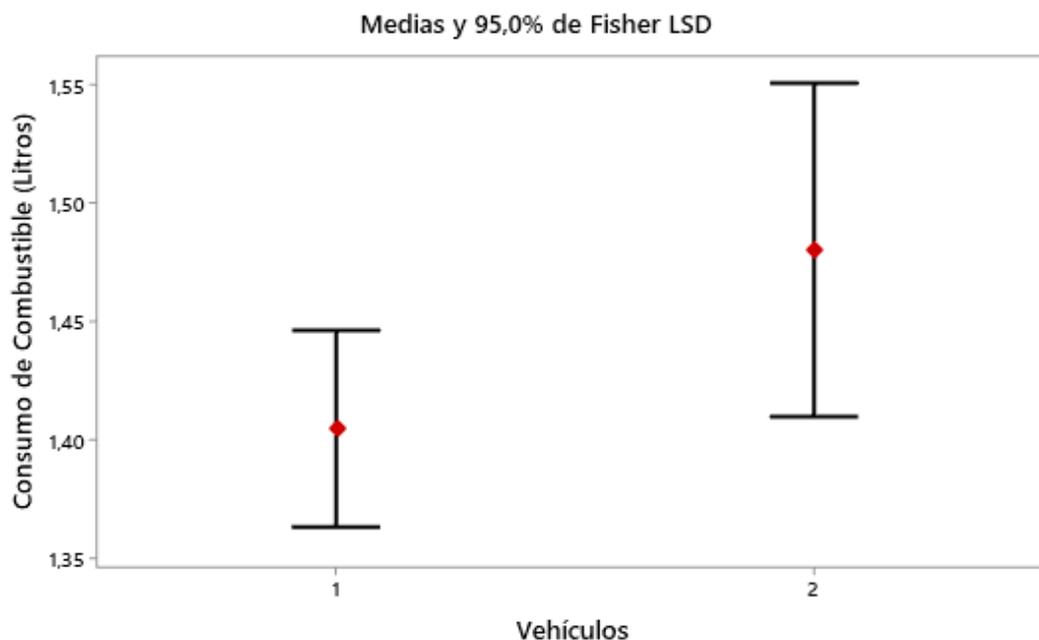


Gráfico 13-2. Intervalos de Consumo vs Vehículos

Realizado por: Saguay, Jonathan, 2021.

En la *Tabla 8-3* se representa las comparaciones de los vehículos y el combustible utilizado un total de tres pruebas para cada caso es importante identificar que en la sección de grupos homogéneos existen pruebas que comparten una alineación en su columna, los grupos que no son significativamente diferentes son del combustible de 87 octanos con el vehículo 1 y el carburante de 92 octanos con el vehículo 2 y de la misma manera el combustible de 92 octanos para los dos vehículos.

Tabla 8-3: Comparaciones de medias por Fisher LSD- Vehículo*Combustible (Consumo)

Combustible*Vehículos	Pruebas	Media	Grupos Homogéneos
87 2	3	1.52	X
87 1	3	1.44	X
92 2	3	1.43	X X
92 1	3	1.36	X

Realizado por: Saguay, Jonathan, 2021.

La *Gráfica 14-3* representa un panorama general del comportamiento de las pruebas para cada combustible y vehículo, donde se resalta que el vehículo con mejor resultado en rendimiento es el vehículo Chevrolet Aveo Activo con el carburante de 92 octanos puesto que tiene la media más baja con un valor de 1.36 L/16.3Km, así mismo el resultado con valores elevados o el peor resultado en rendimiento es el del vehículo Corsa Wind con carburante de 87 octanos debido a que maneja el valor más alto en su media que es de 1.53 L/16.3Km.

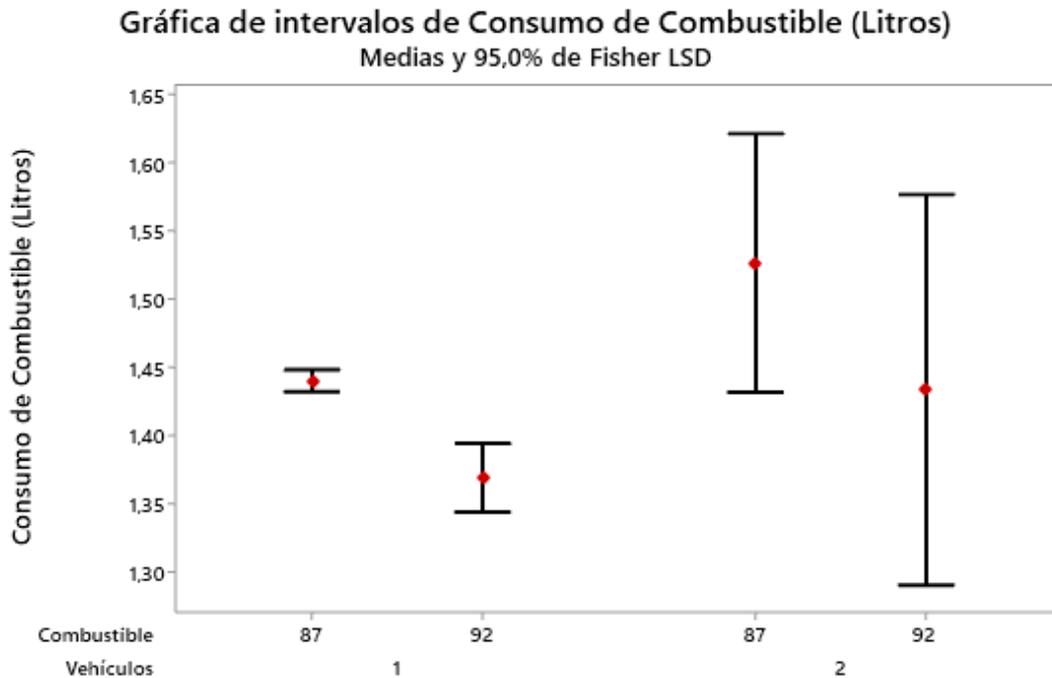


Gráfico 14-3. Intervalos de Consumo vs Vehículos*Combustible
Realizado por: Saguay, Jonathan, 2021.

3.4.2.2. LSD- Costos

El análisis de varianza con referencia al factor de combustible al utilizar como respuesta los costos concedió la aceptación de su hipótesis alternativa, el análisis de diferencia mínima significativa nos permite corroborar una comparación entre las medias de costo al utilizar los carburantes de 87 y 92 octanos, por añadidura la *Tabla 9-3* refleja los grupos homogéneos donde existe una desalineación de sus columnas, obteniendo como mejor resultado el combustible extra (Pérez, 2013).

Tabla 9-3: Comparaciones de medias por Fisher LSD- Combustible (Costos)

Combustible	Pruebas	Media	Grupos Homogéneos
Super (92)	6	0.84	X
Extra (87)	6	0.69	X

Realizado por: Saguay, Jonathan, 2021.

El *Gráfico 15-3* instruye la comparativa por parejas de las medias de los costos con respecto a los dos combustibles, considerando que al usar combustible super existe un aumento de 0.697USD a 0.844 USD es decir un acrecentamiento de costos de 22.85% al utilizar un carburante con mayor grado de octanaje.

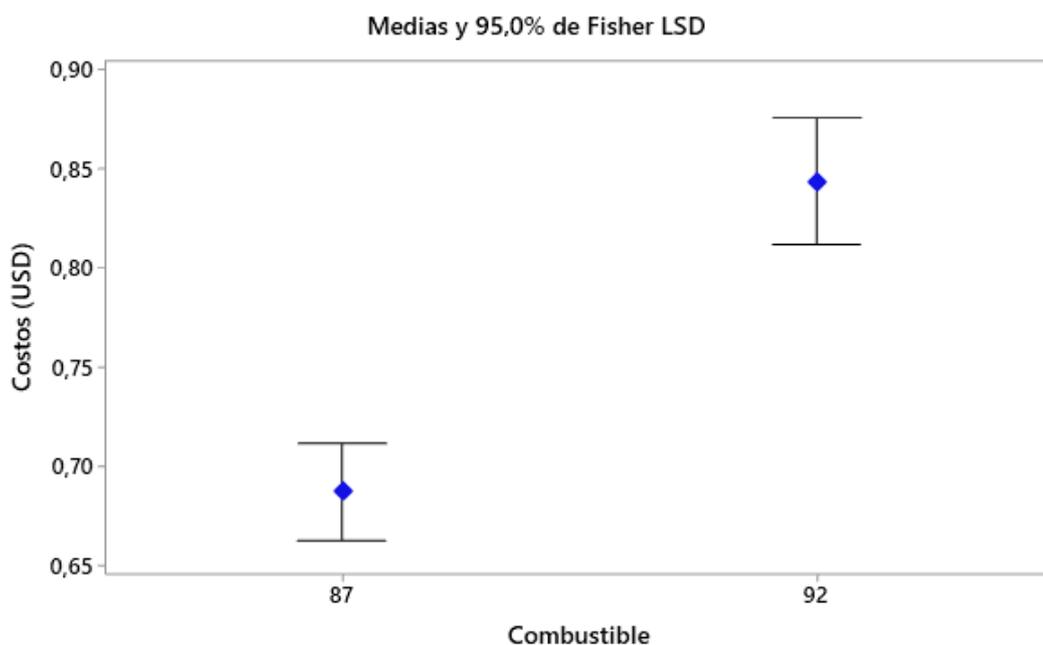


Gráfico 15-3. Intervalos de Costos vs Combustibles

Realizado por: Saguay, Jonathan, 2021.

Los efectos concernientes al factor de vehículos al ejecutar la comparación por parejas del análisis LSD de Fisher con 95% de confiabilidad se extrae la *Tabla 10-3* permitiendo una comparación entre las medias de los costos al usar el vehículo Aveo Activo y el vehículo Corsa Wind tras seis pruebas en cada vehículo y recalando el efecto que se da en los grupos homogéneos donde se refleja la existencia de una diferencia significativa da por asumido que el vehículo que genera más gastos económicos es el automotor Chevrolet Aveo Activo.

Tabla 10-3: Comparaciones de medias por Fisher LSD- Vehículo (Costos)

Vehículos	Pruebas	Media	Grupos Homogéneos
2	6	0.79	X
1	6	0.75	X

Realizado por: Saguay, Jonathan, 2021.

Al utilizar el *Gráfico 16-3* se estresan los intervalos comparativos de costos y vehículos donde obtiene una media de 0.75 USD para el vehículo Chevrolet Aveo Activo y 0.79 USD para el vehículo Corsa Wind dando a entender que existe un incremento del 4.91%, en suma un mejor ahorro en gasto con el automotor Aveo Activo

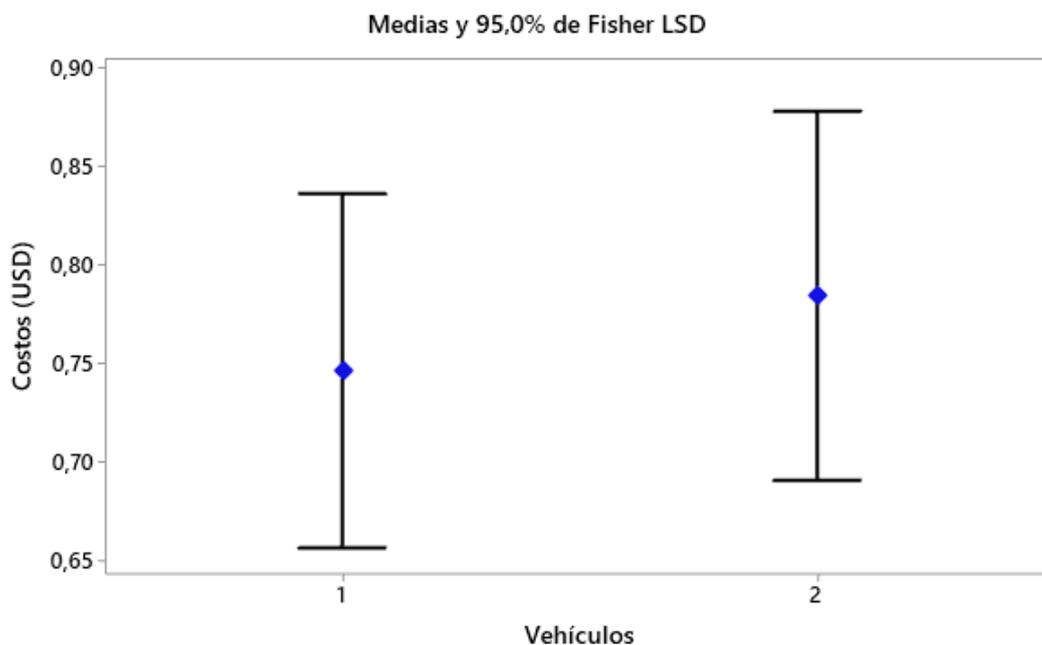


Gráfico 16-3. Intervalos de Costos vs Vehículos

Realizado por: Saguay, Jonathan, 2021.

La *Tabla 11-3* expresa las comparaciones de los vehículos y el combustible donde cabe indicar que al interactuar con los dos factores comparativamente se tienen valores significativamente diferentes, pero con un patrón homogéneo para cada vehículo queriendo expresar que al incrementar el grado de octanaje los costos se elevan para los dos vehículos y de la misma manera al utilizar un grado de octanaje menor su valor económico disminuye en ambos automotores.

Tabla 11-3: Comparaciones por Fisher LSD- Vehículo*Combustible (Costos)

Combustible*Vehículos	Pruebas	Media	Grupos Homogéneos
92 2	3	0.86	X
92 1	3	0.82	X
87 2	3	0.71	X
87 1	3	0.67	X

Realizado por: Saguay, Jonathan, 2021.

La *Gráfica 17-3* representa un vista total del comportamiento de las pruebas para cada combustible y vehículo en relación a sus costos, donde se destaca el vehículo Chevrolet Aveo Activo junto con el carburante extra debido a que cuenta con un valor de costos de 0,668USD/16,3Km siendo este el más económico, así mismo el resultado con valores económicos elevados o el de peor resultado es el vehículo Corsa Wind con carburante de 92 octanos debido a que maneja un valor de 0.86USD/16.3Km siendo este el costo en todas las pruebas.

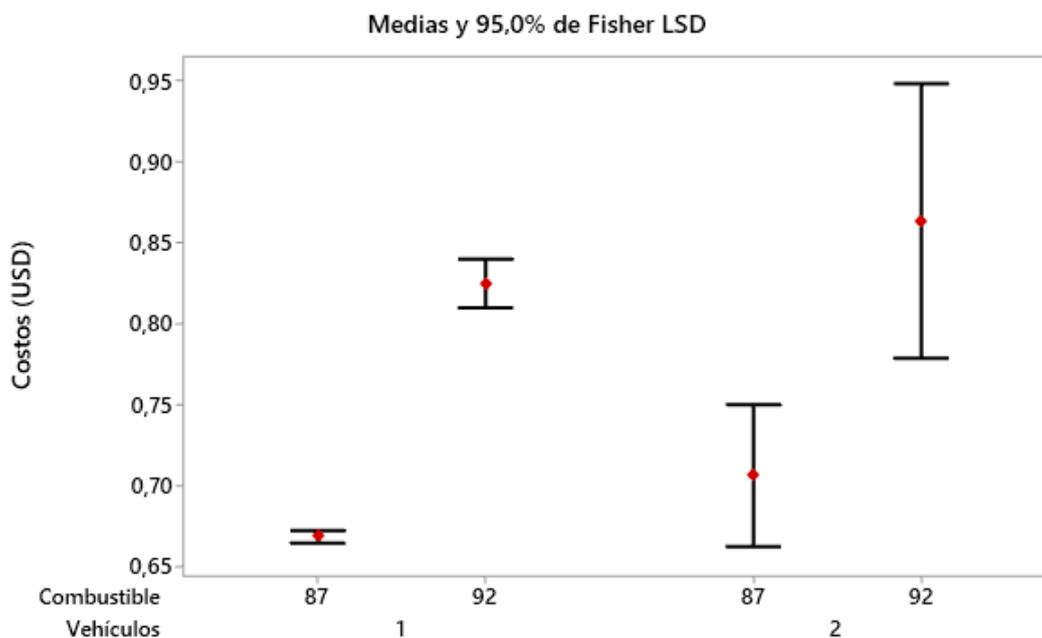


Gráfico 17-3. Intervalos de Costos vs Vehículos*Combustible
 Realizado por: Saguay, Jonathan, 2021.

3.5. Discusión

Según Ávila y Ayala (2013) al incrementar el grado de carburante o RON dentro de un vehículo no agrega beneficios en términos de rendimiento de combustible, esto debido que al aumentar el grado de octanaje es menor el compuesto de hidrógeno en la gasolina otorgando menores beneficios generados, sin embargo Morquencho (2018) expresa como resultado que en la ciudad de Guayaquil al utilizar un vehículo Chevrolet Aveo 2017 por cada 16.3km existe un aumento en su rendimiento de 5.40% frente a la comparativa con el octanaje de 85 octanos ecopaís, mientras que en la presente investigación en la misma distancia en la ciudad de Quito con un automotor Chevrolet Aveo 2010 se extrajo un aumento en su rendimiento de 4.93% frente a un carburante extra, en otras palabras sus resultados coinciden y tienen semejanza con los extraídos en la investigación.

Los resultados obtenidos por Rocha-Hoyos et al. (2018) indican que al incrementar el número de octanos por aditivos en un ruta mixta ciudad-carretera se mejora la autonomía del vehículo y de acuerdo con (Prakash et al., 2016), al utilizar un combustible con mayor porcentaje de octanaje permite al motor mejorar la sincronización de descarga de la chispa inflamando el carburante de manera eficiente y sobre todo economizando gastos en kilómetros recorridos, complementando que al aumentar el grado de RON no trae consigo un mejor rendimiento en todos los automotores sino que éste dependería de la sensibilidad con que se manejan las tecnologías de los motores, cuestiones que conviene distinguir una semejanza con el análisis de los dos vehículos utilizados

en la presente investigación puesto que se comprara un desarrollo tecnológico de ocho años del mismo fabricante y se obtiene concordancia en los enunciados de los autores.

Por otra parte, Lima y Gálvez (2016) expresa en sus resultados que los costos por los desplazamientos en kilómetros son proporcionales al rango de cilindrada, indicando que a mayores centímetros cúbicos del motor mayor será su consumo de carburante sin embargo en el presente estudio existe discrepancia, prueba de ello, merece la pena subrayar que se utilizaron vehículos de 1.6L y 1.4L donde se deriva por parte de los resultados que el costo del consumo de combustible no depende directamente de la cilindrada sino del año de los vehículo, la tecnología aplicada por el fabricante, el modo de conducción, las condiciones geográficas y el estado del vehículo, esto debido que en las pruebas el automotor de menor cilindrada presentó un incremento en costos de 4.91% y se presentó el vehículo con mayor cilindrada como el más económico, teniendo concordancia con (Hernandez et al., 2014) que expresó que existe un ahorro económico de 2,9% y 5,5% al mejorar el grado de octanos con mezclas de etanol.

CONCLUSIONES

- De acuerdo con los resultados de la investigación, su análisis y discusión se puede concluir que con el análisis de consumo de combustible se evidenció un aumento de 5.71% al utilizar el automotor Chevrolet Corsa Wind 1,4L siendo el Chevrolet Aveo Activo 1,6L el de mejor eficiencia, análogamente existe una reducción de consumo en litros de 5.53% al utilizar el carburante de 92 octanos, resumiendo así que el combustible extra es el de peor comportamiento en kilómetros recorridos. En general el consumo de combustible disminuye dependiendo del aumento del porcentaje de octanaje o RON y sobre todo el grado de tecnología con la que se maneje el vehículo, por añadidura a mayor integración de sensores y actuadores mejor será aprovechado el carburante en el automotor. Por otra parte, en el análisis de costos se obtiene que al comparar los dos vehículos existe un incremento económico de 22.85% al utilizar el combustible super y un ahorro en gastos de 4.91% con el vehículo Aveo Activo, por esta razón se establece que el automotor que genera mayores gastos económicos es el Chevrolet Corsa con un octanaje de 92. En definitiva, los porcentaje de aumento o reducción en rendimiento de consumo de combustible no son valores considerablemente altos puesto que no llegan al 6%, si se desea cambiar de carburante de extra a super por un aumento en rendimiento se puede sacar un ligera ventaja de sus propiedades en el desempeño del motor pero si se toma un decisión considerando un cambio en función de los precios de combustible en el Ecuador es preferible mantener el combustible extra, siempre y cuando el fabricante no exija un grado de octanos mayor.
- Al realizar una comparativa de proporcionalidad del rendimiento de combustible con los datos de las fichas técnicas del fabricante de los dos vehículos en un circuito mixto cada 100 kilómetros, frente a los valores extraídos en las pruebas de la investigación se obtuvo que el automotor Aveo Activo presenta un incremento del 31.0% en su rendimiento y del vehículo Corsa Wind un aumento del 37.89%, mereciendo la pena subrayar que los valores que brindan las empresas automotrices no tienen mucha concordancia con los valores reales puesto que en su gran mayoría son estrategias de marketing, consideraciones que hay que tener presente en la compra y venta de vehículos.
- La extracción del ciclo de conducción promedio representativo de la ruta al utilizar los dos vehículos segmento B en un circuito mixto ciudad-carretera estableció una gráfica total de 1508 segundos y 16,3km recorridos al realizar una conducción normal, determinando el

comportamiento tráfico real en la vía en un horario de 7:00 a 8:00 am, brindando características que podrán favorecer en futuras investigaciones al utilizar simulaciones en un dinamómetro automotriz.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda para la toma de datos de consumo de combustible revisar si el scanner ELM327 se logra conectar con la computadora de los automotores, caso contrario buscar alternativas de scanner automotriz o a su vez vehículos de distinto año o distinto modelo.
- A pesar de existir varios programas compatibles con el scanner es recomendable utilizar el software Torque PRO en su versión de pago, esto debido a que incluirá adaptaciones que permitan ingresar un mayor número de características de los perfiles de los vehículos, consiguiendo resultados mucho más puntuales.
- En la recolección de valores de velocidad en función del tiempo con el software Matlab para la elaboración del ciclo de conducción promedio representativo de las pruebas es importante adquirir una licencia en Mathwoks para evitar inconvenientes en el procesamiento de datos, adicionalmente es recomendable en futuras investigaciones usar los ciclos de conducción adquiridos en el presente estudio en un banco dinamométrico considerando una relación en un ciclo mixto que cumplan con las distancias y los tiempos empleados.
- Si se utiliza el software de Minitab para el análisis estadístico es fundamental revisar las abreviaciones o ecuaciones empleadas en su página oficial, esto debido a que existen términos que pueden generar un problema en la interpretación de los resultados arrojados por el programa.
- Al seleccionar los vehículos es vital comprobar el estado mecánico y electrónico de los mismos, debido a la existencia de factores que pueden alterar significativamente el rendimiento del combustible al no encontrarse en condiciones similares para las pruebas.

BIBLIOGRAFÍA

AGENCIA DE REGULACIONES Y CONTROL HIDROCARBURÍFERO (ed.). Actividad Hidrocarburífera. Quito. 2018.

ARAUZ, J. "Valle de Los Chillos". Wikipedia [en línea], 2020, (Ecuador), 2020 [Consulta: 14 diciembre 2020]. Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Valle_de_Los_Chillos.

ÁVILA, D. & AYALA, J. Estudio del comportamiento de motores a gasolina respecto de la variación del octanaje, (Trabajo de titulación) (Maestría). Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Mecánica. Quito - Ecuador. 2013.

CAMARGO, E. *Diferencia mínima significativa (LSD)* [blog], 2013. [Consulta: 12 enero 2021]. Disponible en: <https://prezi.com/jx4bznjhy3pl/diferencia-minima-significativa-isd/>.

CARERAC. Consumo de Combustible Específico Para Chevrolet. Eficiencia [blog]. 2003. [Consulta: 11 diciembre 2020]. Disponible en: http://carerac.com/ahorrar_combustible/chevrolet/.

CEDILLO, A. Análisis de las condiciones de operación de los taxis de la ciudad de Cuenca para la implementación del sistema start-stop, (Trabajo de titulación) (Tesis de pregrado). Universidad del Azuay. Azuay - Ecuador. 2017.

CHEVROLET. "Chevrolet aveo activo sedan - ficha técnica.". 2010, pp. 4-7.

DURAND-VILLALOBOS, J. "Factores que inciden en el desempeño de los grupos de investigación: tres casos de estudio de la Universidad de Sonora." *Revista Mexicana de Investigación Educativa* [en línea], 2017, (México) volumen 22, no. 75. [Consulta: 12 enero 2021]. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-66662017000401143.

EL TIEMPO, "¿Qué gasolina necesita mi carro?". *Revista El Tiempo* [en línea], 2020, Ecuador. [Consulta: 30 noviembre 2020]. Disponible en: <https://www.motor.com.co/actualidad/tecnologia/dudas-gasolina-octanaje-rendimiento/34631>.

FLHSMV. "El manual oficial de licencias de conducir de Florida.". 2020, (Estados Unidos).

GONZÁLEZ OROPEZA, R. "Los ciclos de manejo, una herramienta útil si es dinámica para evaluar el consumo de combustible y las emisiones contaminantes del auto transporte". *Ingeniería Investigación y tecnología*, volumen 6, 2005, pp. 147-162.

HENG, Y; et al, 2018. "Influence of Octane Number Rating on Performance, Emission and Combustion Characteristics in Spark Ignition Engine", *Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences* [en línea], 2018, volumen 45, p. 22-34. [Consulta: 25 noviembre 2020]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/327792762_Influence_of_Octane_Number_Rating_on_Performance_Emission_and_Combustion_Characteristics_in_Spark_Ignition_Engine.

HERNANDEZ, M; et al. "Fuel economy and emissions of light-duty vehicles fueled with ethanol–gasoline blends in a Mexican City". *Renewable Energy* [en línea], 2014, volumen 72, pp. 236-242. [Consulta: 28 febrero 2021]. ISSN 09601481. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0960148114004042>.

HERRAMIENTA AUTOMOTRIZ. *OBD2 ELM327 Mejores adaptadores y aplicaciones* [blog]. 2019.[Consulta: 15 diciembre 2020]. Disponible en: <https://herramientaautomotriz.com/elm327/>.

IBÁPEZ, P. *Así se mide la autonomía homologada de un coche eléctrico y lo que pasa en la realidad* [blog]. 2017. [Consulta: 29 noviembre 2020]. Disponible en: <https://www.xataka.com/automovil/cuanta-autonomia-real-tiene-un-coche-electrico>.

IDROVO, D. & LOAYZA, C. Análisis comparativo de los costos operativos entre un vehículo de combustión interna y un vehículo eléctrico en la ciudad de Cuenca (Trabajo de titulación) (Tesis de pregrado). Universidad Politécnica de Salesiana. Cuenca - Ecuador, 2017. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/15082/1/UPS-CT007441.pdf>.

INEC. *Transporte Informacion Estadistica* [blog]. 2018. [Consulta: 2 diciembre 2020]. Disponible en: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/transporte/>.

INEN NTE 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]. 2019. [Consulta: 29 noviembre 2020]. Disponible en: <https://www.motorpasion.com.mx/industria/que-como-funcionan-ciclos-consumo-wltp-nedc>.

LIMA, B. & GÁLVEZ, E. Analisis de consumo de combustible de los vehículos de categoría M1 que circulan en el centro histórico de la ciudad de Cuenca en horas de máxima demanda en función de ciclos de conducción. (Trabajo de titulación) (Tesis de pregrado). Universidad Politécnica de Salesiana. Cuenca - Ecuador, 2016. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/12167>

LOAYZA, M. Efectos de los tipos de gasolina en un vehículo Chevrolet Sail en relación con las curvas características. (Trabajo de titulación) (Tesis de pregrado). Universidad Internacional del Ecuador. Guayaquil - Ecuador, 2019. Disponible en: <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/3911/1/T-UIDE-234.pdf>.

LUCIO, M. *¿Se puede mezclar Gasolina Extra con Súper?* [blog]. 2016. [Consulta: 22 noviembre 2020]. Disponible en: <https://ecuador.seguros123.com/se-puede-mezclar-gasolina-extra-super/>.

MARTÍNEZ, J. *WTLP: todo sobre el nuevo ciclo de homologación de vehículos - Circula Seguro* [blog]. 2017. [Consulta: 29 noviembre 2020]. Disponible en: <https://www.circulaseguro.com/wtlp-nuevo-ciclo-homologacion-vehiculos/>.

MARTÍNEZ, R. & RODRÍGUEZ, E. *Manual de Metodología de la Investigación científica* [blog]. 2011. [Consulta: 10 enero 2021]. Disponible en: http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/cielam/manual_de_metodologia_de_investigaciones._1.pdf.

MATHWORKS. *Descripción del producto MATLAB* [blog]. 2020. [Consulta: 14 diciembre 2020]. Disponible en: https://es.mathworks.com/help/matlab/learn_matlab/product-description.html.

MINITAB. *¿Qué es ANOVA? - Minitab.* [blog]. 2019. [Consulta: 3 enero 2021]. Disponible en: <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/modeling-statistics/anova/supporting-topics/basics/what-is-anova/>.

MORENO, L. *Decreto Ejecutivo Número 1054* [blog]. Quito, 2020. [Consulta: 8 noviembre 2020]. Disponible en: https://www.expreso.ec/uploads/files/2020/05/20/Decreto_Ejecutivo_No._1054_20200419235043.pdf.

MORQUECHO, F. "Análisis de Rendimiento y Costo de los Combustibles Ecopaís y Super". *INNOVA Research Journal* [en línea], 2018, volumen 3, no. 10, pp. 135-149. DOI 10.33890/innova.v3.n10.1.2018.899.

MURILLO, J; et al. Métodos de investigación de enfoque experimental [en línea], 2005. [Consulta: 10 enero 2021]. Disponible en: <https://www.postgradoune.edu.pe/pdf/documentos-academicos/ciencias-de-la-educacion/10.pdf>.

OROZCO, M. "Sector productivo de Los Chillos arma su plan de contingencia". *El Comercio* [en línea], 2015, [Consulta: 10 enero 2021]. Disponible en: <https://www.elcomercio.com/actualidad/sectorproductivo-chillos-contingencia-cotopaxi-ecuador.html>.

PACHECO, M. "Decreto 883 establece que el alza de las gasolinas extra y ecopaís y del diésel registrá desde el 3 de octubre del 2019". *El Comercio* [en línea], 2019, [Consulta: 8 noviembre 2020]. Disponible en: <https://www.elcomercio.com/actualidad/decreto-alza-gasolinas-diesel-subsidios.html>.

PÉREZ, J. *Test LSD de Fisher LA ESTADÍSTICA: UNA ORQUESTA HECHA INSTRUMENTO* [blog]. 2013. [Consulta: 10 febrero 2021]. Disponible en: <https://jllopisperez.com/2013/01/28/test-lsd-least-significant-difference/>.

PRAKASH, A; et al. "Understanding the Octane Appetite of Modern Vehicles." *SAE International Journal of Fuels and Lubricants* [en línea], 2016, volumen. 9, no. 2, pp. 2016- 01-0834. [Consulta: 28 febrero 2021]. ISSN 1946-3960. DOI 10.4271/2016-01-0834. Disponible en: <https://www.sae.org/content/2016-01-0834/>.

PUEBLA, C. *Método hipotético deductivo.* [blog]. 2010. [Consulta: 12 diciembre 2020]. Disponible en: <https://mbeuv.files.wordpress.com/2010/09/4-metodo-hipotetico-deductivo.pdf>

QUINCHIMBLA, F. & SOLÍS, J. Desarrollo de ciclo de conducción en ciudad, carretera y combinado para evaluar el rendimiento real del combustible de un vehículo con motor de ciclo otto en el distrito metropolitano de Quito (Trabajo de titulación) (Tesis de pregrado). Escuela Politécnica Nacional. Quito - Ecuador. 2017.

QUISHPE, M. Estudio de tráfico en el sector del triangulo y alternativas de solución en la intersección de las avenidas ilaló – General rumiñahui (Trabajo de titulación) (Tesis de pregrado). Universidad Central del Ecuador. Quito - Ecuador. 2015.

RIU, J. "Gráficos de control de shewhart". *Quimio*, 2015, (España).

ROCHA-HOYOS, J; et al. "Effect of the addition of biodiesel on the performance and opacity of a diesel engine". *Informacion Tecnologica* [en línea], 2019, volumen 30, pp. 137-146. ISSN 07180764. DOI 10.4067/S0718-07642019000300137.

ROCHA-HOYOS, J; et al. 2018. "Study of a gasoline engine in altitude conditions with mixtures containing organic additive in the fuel". *Informacion Tecnologica* [en línea], 2018, volumen 29, pp. 325-334. [Consulta: 1 diciembre 2020]. ISSN 07180764. DOI 10.4067/S0718-07642018000500325. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642018000500325&lng=en&nrm=iso&tlng=en.

ROMAIN, N. *Los diferentes ciclos de conducción* [blog]. 2013. [Consulta: 29 noviembre 2020]. Disponible en: <https://www.car-engineer.com/the-different-driving-cycles/>.

SAE REVISED J1321. STANDARD FUEL CONSUMPTION TEST PROCEDURE- Anti-Trust Statement.

SOLO PARA MECÁNICOS. Torque PRO Scanner Automotriz en tu Teléfono Fácil y Rápido. [blog]. 2012. [Consulta: 3 enero 2021]. Disponible en: <https://soloparamecanicos.com/torque-pro-scanner-automotriz/>.

SUÁREZ, M. *Interaprendizaje de Probabilidades y Estadísticas Inferenciales* [en línea]. Ibarra-Ecuador: Imprenta M & V, 2012. [Consulta: 10 febrero 2021]. Disponible en: [http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/940/1/Interaprendizaje de Probabilidades y Estadística Inferencial con Excel, Winstats y Graph.pdf](http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/940/1/Interaprendizaje%20de%20Probabilidades%20y%20Estadística%20Inferencial%20con%20Excel,%20Winstats%20y%20Graph.pdf).

TOTAL CAR. *ELM327 Bluetooth OBDII Herramienta de escáner de lector de código de diagnóstico de coche.* [blog]. 2016. [Consulta: 3 enero 2021]. Disponible en: <https://www.totalcardiagnostics.com/elm327-bluetooth/>.