



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS**

**Trabajo de Fin de Carrera Titulado:**

Comportamiento del Par Motor, Potencia y Factores de Emisión en vehículo categoría M1 a  
2850 msnm

**Realizado por:**

Kenny Andres Varela Chamorro

**Director del proyecto:**

PhD. Edilberto Llanes Cedeño

**Como requisito para la obtención del título de:**

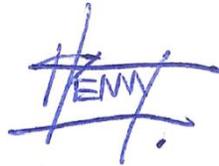
**INGENIERO MECÁNICO AUTOMOTRIZ**

QUITO, octubre del 2022

### **DECLARACIÓN JURAMENTADA**

Yo, Kenny Andres Varela Chamorro, ecuatoriano, con Cédula de ciudadanía N° 171805453-7, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional, y se basa en las referencias bibliográficas descritas en este documento.

A través de esta declaración, cedo los derechos de propiedad intelectual a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, reglamento y normativa institucional vigente.



-----  
Kenny Andres Varela Chamorro

C.I.: 1718054537

DECLARATORIA

El presente trabajo de investigación titulado:

**“COMPORTAMIENTO DEL PAR MOTOR, POTENCIA Y FACTORES DE EMISIÓN  
EN VEHÍCULO CATEGORÍA M1 A 2850 MSNM”**

Realizado por:

**KENNY ANDRES VARELA CHAMORRO**

Como Requisito para la Obtención del Título de:

**INGENIERO MECÁNICO AUTOMOTRIZ**

**DECLARACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS**

Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.



PhD. Edilberto Antonio Llanes Cedeño

**LOS PROFESORES INFORMANTES:**

PhD.(c) Diana Belén Peralta Zurita Msc.

PhD.(c) Jaime Vinicio Molina Osejos Msc.

Después de revisar el trabajo presentado lo han calificado como apto para su defensa  
oral ante el tribunal examinador.



Ing. Diana Belén Peralta Zurita



Ing. Jaime Vinicio Molina Osejos

Quito, 12 de octubre de 2022

### **Agradecimientos**

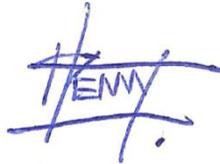
Quiero agradecer a:

Mis padres por ser el mayor pilar en mi vida estudiantil y en mi formación personal, brindándome todo el apoyo necesario en el cumplimiento de mis metas y objetivos.

A la Universidad Internacional SEK al brindar el apoyo a los estudiantes en el cumplimiento de instruir y formar profesionales junto a una docencia de calidad humana.

### DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.



-----  
Kenny Andres Varela Chamorro

C.I.: 1718054537

## Índice de contenidos

<i>Resumen</i> .....	1
<i>Abstract</i> .....	2
1.INTRODUCCIÓN .....	3
1.1 Motor ciclo otto.....	6
1.1.1 Combustión de un MCIA y estequiometría .....	9
1.2 Incidencia en el rendimiento del motor con respecto a la altura.....	10
1.3 Curvas características de un MCIA .....	11
1.4 Emisiones contaminantes en los MCIA .....	13
1.5 Productos contaminantes principales de los motores MCIA .....	13
1.6 Formación de contaminantes producidos por los motores de encendido provocado MEP ....	15
1.6.1 Formación de monóxido de carbono ( <b>CO</b> ) .....	15
1.6.2 Formación de óxido de nitrógeno ( <b>NOX</b> ).....	16
1.6.3 Acumulación de contaminantes en función de la mezcla optima de trabajo .....	16
2. COMPRESOR DE AIRE ACONDICIONADO AUTOMOTRIZ .....	17
2.1.2 Potencia Consumida por el uso del A/C .....	21
METODOLOGÍA .....	21
3. Dinamómetro .....	23
3.1 Dinamómetro de motor .....	23
3.2 Dinamómetro de chasis.....	24
3.2.1 Potencia efectiva o del motor ( <b>Pe</b> ) .....	25
3.2.2 Potencia Normal según ISO 1585 .....	26
3.2.3 Potencia a la rueda (WHP).....	28
3.2.4 Potencia de frenado (BHP) .....	28
3.2.5 Potencia de arrastre .....	28
3.2.6. Medición de torque y potencia en el dinamómetro de chasis LPS 3000 .....	28
4. CURVAS DE TORQUE Y POTENCIA DEL DINAMÓMETRO DE CHASIS .....	29
5. FACTORES DE EMISIÓN .....	31
5.1 Dinamómetro de chasis cómo método de medición de los factores de emisión del vehículo.31	
5.2 Ciclo de pruebas dinámico IM240.....	32
5.3 Análisis de factores de emisión.....	33
5.4 Equipo analizador de gases MGT 5.....	35

6. EQUIPOS Y ELEMENTOS UTILIZADOS EN LAS PRUEBAS DE EMISIONES DE GASES MEDIANTE EL CICLO IM240.....	37
6.1 Dinamómetro LPS 300 .....	37
6.2 Equipo de medición de gases MGT 5.....	37
6.3 Caja de interfaces .....	38
6.4 Sonda de medición de la temperatura de aceite .....	38
6.5 Sonda de medición de gases de combustión .....	39
6.6 ventilador externo para pruebas dinamométricas .....	39
6.7 Tanque de presión almacenaje de combustible.....	40
6.8 Matraz de 5000ml .....	41
6.9 Probeta de 1000ml .....	41
6.10 Gasolinas Super ecuatorianas usadas en la investigación .....	42
7. PROCEDIMIENTO DE ENSAYOS REALIZADOS EN LA INVESTIGACIÓN .....	43
7.1 Tabla de ensayos .....	43
7.2 Características técnicas del vehículo .....	44
7.3 Pasos utilizados en el ensayo de Determinación de Factores de emisiones mediante ciclos simulados IM240 en dinamómetro de chasis y consumo promedio.....	44
7.4 Pasos utilizados en el ensayo de Determinación torque y potencia .....	51
8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS .....	52
8.1 Análisis estadístico del comportamiento de los factores de emisiones.....	52
8.1.1 Análisis de los resultados para el Factor de Emisión CO (FCO).....	52
8.1.2 Análisis de los resultados para el Factor de Emisión NOx (FNOx) .....	55
8.1.3 Análisis de los resultados para el Factor de Emisión HC (FHC).....	56
8.2 Resultados de la gasolina Super G-Prix .....	58
8.2.1 Resultados de la gasolina Super G-Prix sin aire acondicionado “OFF” .....	58
8.2.2 Resultados de la gasolina Super G-Prix con aire acondicionado “ON” .....	59
8.2.3 Comparación de resultados con la gasolina Super G-Prix entre A/C “ON” y “OFF” ..	61
8.3.1 Resultados de la gasolina Super Evol-T sin aire acondicionado “OFF” .....	62
8.3.2 Resultados de la gasolina Super Evol-T con aire acondicionado “ON” .....	64
8.3.3 Comparación de resultados con la gasolina Super Evol-T entre A/C “ON” y “OFF” .	65
8.4.1 Resultados de la gasolina Super EPP sin aire acondicionado “OFF” .....	66
8.4.2 Resultados de la gasolina Super EPP con aire acondicionado “ON”.....	67
8.4.3 Comparación de resultados con la gasolina Super EPP sin entre A/C “ON” y “OFF”	69
8.5 Resultados comparados entre los tres combustibles.....	70

8.5.1 Comparación de gasolinas con el aire acondicionado apagado “OFF” .....	70
8.5.2 Comparación de gasolinas con el aire acondicionado encendido “ON” .....	71
8.5.3 Gráficas comparativas entre los combustibles con y sin aire acondicionado.....	72
8.6 comparación de resultados FCO, FHC, FNOX con otras investigaciones .....	73
9. CONCLUSIONES.....	74
REFERENCIAS BILIOGRÁFICAS .....	78
ANEXOS .....	86
Anexo 1. Certificado de evaluación de ensayos en la determinación de factores de emisión mediante el ciclo dinámico IM240 y ensayos de Torque Y Potencia en dinamómetro de chasis.....	86
Anexo 2. Ficha técnica de: Chevrolet Aveo Emotion 1.6 GLS .....	87

### Índice de figuras

Figura 1 .....	7
Mecanismo biela-manivela ( <i>CEJAROSU, 2005</i> ) .....	7
Figura 2 .....	8
Fases del ciclo otto ( <i>Matt Keveney, 2021</i> ) .....	8
Figura 3 .....	12
<i>Curvas características (Secundino E, 2011)</i> .....	12
Figura 4 .....	17
<i>Concentración de emisiones contaminantes en MEP en función del dosado relativo (Antonio A, 2016)</i> .....	17
Figura 5 .....	17
<i>Partes del compresor automotriz (Hella Nussbaum Solutions, 2019)</i> .....	17
Figura 6 .....	19
<i>Embrague electromagnético de acción lateral (Hankel, 2019)</i> .....	19
Figura 7 .....	20
<i>Variaciones en RPM (SOMIN, 2011)</i> .....	20
Figura 8 .....	24
<i>Dinamómetro de motor prueba hecha en argentina (Accudyno, 2022)</i> .....	24
Figura 9 .....	25
<i>Dinamómetro de chasis (CCICEV, 2022)</i> .....	25
Figura 10 .....	27
<i>Gráficas de torque y potencia declarada y corregida ( ISO 1585, 2020)</i> .....	27
Figura 11 .....	30
<i>Curva torque y potencia en general ( Ingemecánica 2020)</i> .....	30
Figura 12 .....	33
<i>Diagrama de manejo de ciclo IM240 ( JOURNAL OF FUELS &amp; LUBRICANTS, 1994)</i> .....	33
Figura 13 .....	36
<i>Sonda de captación de gases de combustión ( Andrés J, 2016)</i> .....	36
Figura 14 .....	37
<i>Vehículo en el dinamómetro LPS 3000</i> .....	37
Figura 15 .....	38
<i>Equipo de medición de gases MGT 5</i> .....	38
Figura 16 .....	38

<i>Cajas de interfaces (Andrés J, 2016)</i> .....	38
Figura 17 .....	39
<i>Sonda de temperatura (Andrés J, 2016)</i> .....	39
Figura 18 .....	39
<i>Sonda de medición de gases de combustión (Andrés J, 2016)</i> .....	39
Figura 19 .....	40
<i>Ventilador Universal AIR 7/1 LKW</i> .....	40
Figura 20 .....	41
<i>Tanque de presión bomba manual LIQUI MOLY</i> .....	41
Figura 21 .....	41
<i>Matraz Erlenmeyer 5000ml</i> .....	41
Figura 22 .....	42
<i>Probeta de 1000ml.</i> .....	42
Figura 23 .....	45
<i>Llenado de caneca de combustible para los ensayos</i> .....	45
Figura 24 .....	45
<i>Canecas marcadas con el nombre de los combustibles</i> .....	45
Figura 25 .....	46
<i>Vehículo posicionado en el dinamómetro</i> .....	46
Figura 26 .....	46
<i>Vehículo anclado</i> .....	46
Figura 27 .....	47
<i>Relé de la bomba de combustible</i> .....	47
Figura 28 .....	47
<i>Desconexión de cañería de salida de la bomba de combustible</i> .....	47
Figura 29 .....	47
<i>Tanque de presión conectado al suministro de combustible</i> .....	47
Figura 30 .....	48
<i>Matraz lleno de combustible para ensayos</i> .....	48
Figura 31 .....	48
<i>Llenado de tanque con el combustible a ensayar</i> .....	48
Figura 32 .....	49
<i>Pantalla del software en funcionamiento</i> .....	49

Figura 33 .....	49
<i>Ciclo en marcha IM240</i> .....	49
.....	49
Figura 34 .....	49
<i>Llenado del matraz con el combustible excedente de la prueba</i> .....	49
.....	49
Figura 35 .....	50
<i>Matraz llenado hasta 1000ml</i> .....	50
Figura 36 .....	50
<i>Consumo de combustible en un ciclo de manejo</i> .....	50
Figura 37 .....	51
<i>Medición de torque y potencia</i> .....	51
Figura 38 .....	52
<i>Tablero de instrumentos</i> .....	52
Figura C .....	52
<i>Diagrama de Pareto para el FCO</i> .....	52
Figura D .....	53
<i>Diagrama de Efectos principales para el FCO</i> .....	53
Figura E.....	53
<i>Superficie de respuesta para el FCO</i> .....	53
Figura G .....	54
<i>Gráfico comparativo de la Potencia para las distintas gasolinas</i> .....	54
Figura H .....	55
<i>Diagrama de Pareto para el FCO</i> .....	55
Figura I.....	55
<i>Diagrama de Efectos principales para el FCO</i> .....	55
Figura J.....	56
<i>Superficie de respuesta para el FCO</i> .....	56
Figura K .....	56
<i>Diagrama de Pareto para el FNOx</i> .....	56
Figura M.....	57
<i>Diagrama de Efectos principales para el FCO</i> .....	57
Figura N .....	57

<i>Superficie de respuesta para el FHC</i> .....	57
Figura 39 .....	61
<i>Gráficas comparativas aire acondicionado “ON” y “OFF” Super G-Prix</i> .....	61
Figura 40 .....	65
<i>Gráficas comparativas aire acondicionado “ON” y “OFF” Super Evol-T</i> .....	65
Figura 41 .....	69
<i>Gráficas comparativas aire acondicionado “ON” y “OFF” Super EPP</i> .....	69
Figura 42 .....	72
<i>Gráficas comparativas entre los combustibles con y sin aire acondicionado</i> .....	72
Figura 43 .....	73
<i>Gráficas comparativas entre los combustibles con y sin aire acondicionado</i> .....	73

**INDICE DE TABLAS**

<b>Tabla 1</b> .....	21
<i>Variación de RPM según el estado del A/C (SOMIN, 2011)</i> .....	21
<b>Tabla A</b> .....	22
<i>Tratamientos para el análisis de diferencias significativas</i> .....	22
<b>Tabla B</b> .....	23
<i>Designaciones de los combustibles y configuraciones del aire acondicionado</i> .....	23
<b>Tabla 2</b> .....	29
<i>Datos técnicos de equipo LPS 3000</i> .....	29
<b>Tabla 3</b> .....	33
<i>Especificaciones técnicas prueba IM240</i> .....	33
<b>Tabla 4</b> .....	36
<i>Datos técnicos del equipo MGT 5</i> .....	36
<b>Tabla 5</b> .....	40
<i>Datos técnicos AIR 7/1 LKW</i> .....	40
<b>Tabla 6</b> .....	43
<i>Ensayos y configuración por cada tipo de combustible</i> .....	43
<b>Tabla 7</b> .....	44
<i>Especificaciones técnicas del vehículo (Chevrolet 2014)</i> .....	44
<b>Tabla F</b> .....	54
<i>Tratamientos para el análisis de diferencias significativas</i> .....	54
<b>Tabla 8</b> .....	58
<i>Especificaciones técnicas del vehículo (Chevrolet 2014)</i> .....	58
<b>Tabla 9</b> .....	58
<i>Resultados de Potencia ensayos sin aire acondicionado “OFF”, Gasolina Super G-Prix</i> .....	58
<b>Tabla 10</b> .....	59
<i>Resultados de Torque ensayos sin aire acondicionado “OFF”, Gasolina Super G-Prix</i> .....	59
<b>Tabla 11</b> .....	59
<i>Factores de emisión en ensayos sin aire acondicionado “OFF”, Gasolina Super G-Prix</i> .....	59
<b>Tabla 12</b> .....	59
<i>Consumo en ensayos sin aire acondicionado “OFF”, Gasolina Super G-Prix</i> .....	59
<b>Tabla 13</b> .....	60

<i>Resultados de Potencia ensayos con aire acondicionado “ON”, Gasolina Super G-Prix</i> .....	60
<b>Tabla 14</b> .....	60
<i>Resultados de Torque ensayos con aire acondicionado “ON”, Gasolina Super G-Prix</i> .....	60
<b>Tabla 15</b> .....	60
<i>Factores de emisión en ensayos con aire acondicionado “ON”, Gasolina Super G-Prix</i> .....	60
<b>Tabla 16</b> .....	61
<i>Consumo en ensayos con aire acondicionado “ON”, Gasolina Super G-Prix</i> .....	61
<b>Tabla 17</b> .....	62
<i>Diferencia de resultados con la gasolina Super G-Prix entre A/C “ON” y “OFF”</i> .....	62
<b>Tabla 18</b> .....	63
<i>Resultados de Potencia ensayos sin aire acondicionado “OFF”, Gasolina Super Evol-T</i> .....	63
<b>Tabla 19</b> .....	63
<i>Resultados de Torque ensayos sin aire acondicionado “OFF”, Gasolina Super Evol-T</i> .....	63
<b>Tabla 20</b> .....	63
<i>Factores de emisión en ensayos sin aire acondicionado “OFF”, Gasolina Super Evol-T</i> .....	63
<b>Tabla 21</b> .....	63
<i>Consumo en ensayos sin aire acondicionado “OFF”, Gasolina Super Evol-T</i> .....	63
<b>Tabla 22</b> .....	64
<i>Resultados de Potencia ensayos con aire acondicionado “ON”, Gasolina Super Evol-T</i> .....	64
<b>Tabla 23</b> .....	64
<i>Resultados de Torque ensayos con aire acondicionado “ON”, Gasolina Super Evol-T</i> .....	64
<b>Tabla 24</b> .....	65
<i>Factores de emisión en ensayos con aire acondicionado “ON”, Gasolina Super Evol-T</i> .....	65
<b>Tabla 25</b> .....	65
<i>Consumo en ensayos con aire acondicionado “ON”, Gasolina Super Evol-T</i> .....	65
<b>Tabla 26</b> .....	66
<i>Diferencia de resultados con la gasolina Super Evol-T entre A/C “ON” y “OFF”</i> .....	66
<b>Tabla 27</b> .....	66
<i>Resultados de Potencia ensayos sin aire acondicionado “OFF”, Gasolina Super EPP</i> .....	66
<b>Tabla 28</b> .....	67
<i>Resultados de Torque ensayos sin aire acondicionado “OFF”, Gasolina Super EPP</i> .....	67
<b>Tabla 29</b> .....	67
<i>Factores de emisión en ensayos sin aire acondicionado “OFF”, Gasolina Super EPP</i> .....	67
<b>Tabla 30</b> .....	67

<i>Consumo en ensayos sin aire acondicionado “OFF”, Gasolina Super EPP .....</i>	67
<b>Tabla 31</b> .....	68
<i>Resultados de Potencia ensayos con aire acondicionado “ON”, Gasolina Super EPP.....</i>	68
<b>Tabla 32</b> .....	68
<i>Resultados de Torque ensayos con aire acondicionado “ON, Gasolina Super EPP .....</i>	68
<b>Tabla 33</b> .....	68
<i>Factores de emisión en ensayos con aire acondicionado “ON”, Gasolina Super EPP .....</i>	68
<b>Tabla 34</b> .....	69
<i>Consumo en ensayos con aire acondicionado “ON”, Gasolina Super EPP .....</i>	69
<b>Tabla 35</b> .....	70
<i>Diferencia de resultados con la gasolina Super Evol-T entre A/C “ON” y “OFF” .....</i>	70
<b>Tabla 36</b> .....	70
<i>Comparación sin aire acondicionado “OFF” .....</i>	70
<b>Tabla 37</b> .....	71
<i>Resultados máximos y mínimos entre los tres combustibles sin aire acondicionado “OFF” .....</i>	71
<b>Tabla 38</b> .....	71
<i>Comparación con aire acondicionado “ON” .....</i>	71
<b>Tabla 39</b> .....	72
<i>Resultados máximos y mínimos entre los tres combustibles con aire acondicionado “ON” .....</i>	72
<b>Tabla X</b> .....	73
<i>Comparación entre límites máximos de emisiones en el uso de gasolina pruebas dinámicas NTE INEN 2204 comparado con resultados obtenidos sin A/C.....</i>	73
<b>Tabla Y</b> .....	74
<i>Comparación entre límites máximos de emisiones en el uso de gasolina pruebas dinámicas NTE INEN 2204 comparado con resultados obtenidos con A/C.....</i>	74
<b>Tabla 40</b> .....	76
<i>Comparación del rendimiento promedio del motor a 2850msnm sin el suso del aire acondicionado “OFF” .....</i>	76
<b>Tabla 41</b> .....	77
<i>Comparación del rendimiento promedio del motor a 2850msnm con el suso del aire acondicionado “ON” .....</i>	77

### ***Resumen***

En el Distrito Metropolitano de Quito en los últimos años según el Ministerio del Ambiente ha visto un aumento de la temperatura ambiental en la ciudad y la concentración de emisiones contaminantes procedentes de la combustión de todos los vehículos del parque automotor, en la búsqueda de reducir dichas emisiones que afectan al medio ambiente se implementaron nuevos aditivos importados a las gasolinas SUPER comercializadas en Ecuador. El trabajo de investigación tiene como objetivo: Evaluar el comportamiento par motor, potencia y emisiones contaminantes en un vehículo sedan categoría M1 de encendido provocado por chispa a una altura de 2850 msnm mediante pruebas dinamométricas en ciclos de conducción IM-240 para la comprobación de la efectividad de los tres tipos de combustibles SUPER comercializados en el Ecuador. En las pruebas se realizaron ensayos usando un dinamómetro de chasis implementando ciclos dinámicos IM-240 y por medio de un elemento de medición de gases se determina la concentración de los mismos, cada ensayo es determinado bajo dos configuraciones distintas en el vehículo: pruebas con el aire acondicionado en modo encendido “ON” y la segunda en modo apagado “OFF”, todas las pruebas se realizaron para los 3 tipos de combustibles (Súper G-Prix, Evol-T y Súper Epp), y a la altura del Distrito Metropolitano de Quito con 2850 msnm. Los principales resultados muestran la concentración de factores de emisión (FCO, FHC y FNOX) en cada ensayo con las configuraciones mostradas y un aumento positivo en lo referido a el rendimiento del vehículo dando como conclusión que las gasolinas Súper presentan mejores características a diferencia de otros combustibles.

***Abstract***

In the Metropolitan District of Quito in recent years, according to the Ministry of the Environment, there has been an increase in ambient temperature in the city and the concentration of polluting emissions from the combustion of all the vehicles in the fleet, In the search to reduce these emissions that affect the environment, new imported additives were implemented in the SUPER gasoline marketed in Ecuador. The research work aims to: Evaluate the behavior of engine torque, power and polluting emissions in an M1 category vehicle with triggered ignition at a height of 2850 masl by means of dynamometric tests in IM 240 driving cycles to verify the effectiveness of the three types of SUPER fuels marketed in Ecuador. In the tests, tests were carried out on a chassis dynamometer, implementing dynamic tests of IM240 cycles and by means of a gas measurement element, their concentration is determined, each test is determined under two different configurations in the vehicle: tests with the air conditioning in “ON” mode and the second one in “OFF” mode, All the tests were carried out for the 3 types of fuels (Super G-Prix, Evol-T and Super Epp), and at the height of the Metropolitan District of Quito with 2850 meters above sea level. The main results show the concentration of emission factors (FCO, FHO and FNOX) in each test with the configurations shown and a positive increase in terms of vehicle performance concluding that Super gasolines have better characteristics unlike other fuels.

## 1. INTRODUCCIÓN

### **Antecedentes**

En los últimos años se ha visto un incremento de emisiones contaminantes por parte de la quema del combustible de origen fósil donde ha aumentado la concentración de estos en la atmósfera, siendo esto un motivo de alarma ante la aceleración del calentamiento global y alentar a la comunidad científica, marcas fabricantes de automotores y la búsqueda de nuevos recursos energéticos que sustituyan el uso de combustibles fósiles como fuente de energía (Agencia

Nacional Oceánica y Atmosférica NOAA E.E.U.U, 2017). Las emisiones contaminantes no únicamente afectan al calentamiento global, también afecta al sistema respiratorio de los seres humanos, según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2018) menciona que nueve de cada diez habitantes respiran aire contaminado. Las principales fuentes de emisiones contaminantes se encuentran generadas por un uso ineficiente de energía en la industria, los hogares, la agricultura, centrales eléctricas de fuentes de origen fósil y todo medio de transporte; Los medio de transporte representan un 13.5 % y en aumento en el total de los Gases de Efecto Invernadero (GEI) (Programa de Naciones Unidad para el Medio Ambiente PNUMA). En el parque automotor del Ecuador según la Agencia Nacional de Transito (ANT) en los últimos cinco años se ha aumentado en unos dos millones de unidades creciendo así en un 57% más, siendo este un principal foco de contaminación seguido por las industrias según datos del Ministerio del Ambiente (El Telégrafo 2022). En la constitución el artículo 276 del numeral 4 menciona que, como objetivo principal con respecto a la contaminación, el Estado deberá garantizar la calidad del aire, agua y suelo de los habitantes, donde cada gobierno local deberá presentar nuevas alternativas con respecto a la disminución de la huella de carbono. Según el Acuerdo No. 050 Del Ministerio del Ambiente busca estrategias de observación, medición, alerta y acción ante la concentración de emisiones

contaminantes en el ambiente; gracias a dicho acuerdo y al artículo 276, el Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables busca mejorar la calidad de los combustibles en la satisfacción de reducir las emisiones contaminantes, mejorar el rendimiento de los automóviles y dar un producto de calidad a la venta al consumidor ecuatoriano dueño de un medio de transporte terrestre, esto se lo consigue con la apertura y oportunidad de presentar e introducir nuevos aditivos importados utilizados en las gasolinas llamadas SUPER en el país.

En el parque automotor de Quito se suman 17 539 vehículos cada año, según la secretaria de movilidad (2022) sería de un promedio de 4.9% anual en aumento, esto tiene repercusión en la movilidad, tráfico y afección al medio ambiente por aumento y concentración de emisiones contaminantes (El Comercio 2022).

Por parte de un estudio realizado por la Secretaría de Ambiente muestra que la temperatura ha ido aumentando a media que pasa los años, dicho fenómeno ocurre desde el año 2004 con una temperatura promedio de 24,3°C, año 2013 (27.4°C), año 2016 ( 28.9°C) y hasta el año 2020 con 26 grados centígrados, dicho estudio muestra que la temperatura en el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) no ha ido reduciendo desde el 2004, Según la Organización de Naciones Unidas (ONU) informa que entre los años 2010 y 2019 fue la década con registro de mayor temperatura en el mundo, la Secretaría del Ambiente expone que el incremento de temperatura en el DMQ se debe a un aumento en el parque automotor, tala de árboles por la construcción de nuevas vías e inmobiliarios y el combustible de mala calidad que se encuentra en uso actual en el país (Primicias, 2020); otro motivo por el cual se debe el incremento de temperatura son los gases de efecto invernadero (GEI) como se ha mencionado antes son producto de una alta concentraciones de emisiones contaminantes principalmente por parte de automotores y máquinas de combustión interna.

El incremento de la temperatura en el DMQ en lo referido a la movilidad afecta a los usuarios y propietarios de automóviles llevándolos a ser impulsados a optar por el uso más frecuente del aire acondicionado, el aire acondicionado tiene como objetivo regular la temperatura del habitáculo del vehículo logrando así un confort térmico para los usuarios, en una investigación y ensayos realizados por parte de la Universidad Autónoma Metropolitana (2011) usaron dos vehículos, un Ford Mustang GT V8 y un Honda CR-V 4 cilindros los cuales dieron como resultado al momento de usar el aire acondicionado se aumenta un 10.73% de consumo promedio y esto a su vez se incluye que se tendrá un aumento en las emisiones contaminantes con respecto al consumo del combustible.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

- Evaluar el comportamiento par motor, potencia y emisiones contaminantes en un vehículo categoría M1 de encendido provocado a una altura de 2850 msnm mediante pruebas dinamométricas en ciclos de conducción IM-240 para evaluar los tres tipos de gasolinas SUPER comercializados en el Ecuador.

### **Objetivos específicos**

- Medir el consumo de combustible con las 3 gasolinas experimentadas mediante de ensayos en un ciclo dinámico IM240 con el uso de un dinamómetro de chasis para su comparativa.
- Medir las emisiones contaminantes y su concentración con los 3 combustibles experimentados durante ensayos dinámicos en ciclos IM240 con el uso del equipo de medición Escáner MGT-5 para su comparativa.
- Comparar los datos obtenidos de los factores de emisión y el consumo específico de los tres tipos de combustibles SUPER en las configuraciones del aire acondicionado encendido y apagado por

medio del software Statgraphics Centurion logrando así la observación de sus diferencias más significativas.

## **Estado del arte**

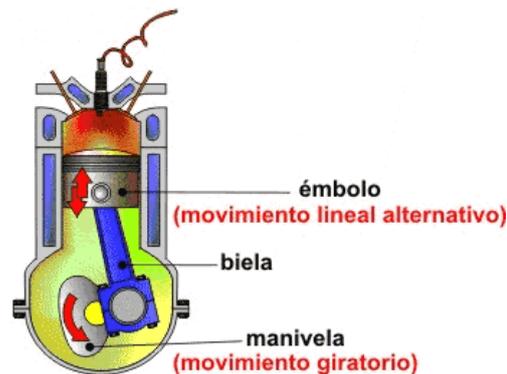
### **1.1 Motor ciclo otto**

El motor de ciclo otto, motor de combustión interna alternativo (MCIA) o motor de encendido provocado (MEP) tiene una fase abierta de 4 tiempos, es decir, se tiene un proceso de renovación de carga desde el exterior sustituyendo al aire y productos quemados después de la combustión que son sustituidos por el ingreso de la mezcla sin quemar empujándolos hacia el exterior con el objetivo de repetir el ciclo tomando por la fase de admisión nuevo aire y formando una nueva mezcla sin quemar. En forma general el proceso de fase abierta tiene dos diferencias relacionadas que son la llamada fase de admisión y escape. En la fase de admisión en donde ingresa la nueva carga mezclada la cual será la encargada de realizar un ciclo termodinámico, por otro lado, la fase de escape es donde los productos de la combustión son desalojados. (Carreras Planells, 2015)

Los motores de combustión interna alternativos (MCIA) son así llamados por el uso de un pistón o émbolo el cual se mueve linealmente dentro de un cilindro donde este sería la cámara de combustión, dicho movimiento lineal es transformado a un movimiento rotativo por un mecanismo utilizado llamado biela - manivela (figura 1).

**Figura 1**

*Mecanismo biela-manivela*



*Nota.* Tomado de *CEJAROSU*, 2005.

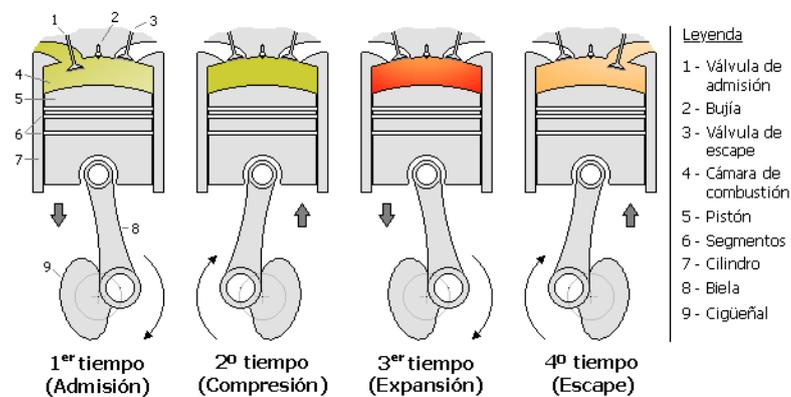
Los ciclos teóricos de un motor de combustión interna alternativo son los siguientes (Figura 2):

- Fase de admisión (1): La válvula de admisión se abre y a su vez el pistón que se encuentra en el punto muerto superior (PMS) es desplazado hacia el punto muerto inferior (PMI), esto causa que el aire sea aspirado al interior de la cámara de combustión o cilindro por un efecto de vacío o depresión generado por el pistón en movimiento.
- Fase de compresión (2): La válvula de admisión y escape se encuentran cerradas y a su vez el pistón es desplazado desde el PMI al PMS, durante este proceso mientras se comprime el aire y se agrega combustible en la cámara de combustión logrando así la mezcla de comburente.
- Fase de trabajo (3): En la fase de trabajo se producen tres etapas:

- Primera: la mezcla de comburente se realiza cuando el pistón se encuentra en el PMS generando una alta presión y temperatura, en dicho instante la bugía genera la chispa de ignición produciéndose la explosión.
  - Segunda: en esta etapa la chispa provoca la combustión del comburente o mezcla, así aumentando aún más la presión y temperatura dentro de la cámara de combustión que se encuentra a compresión.
  - Tercera: el aumento súbito de presión produce que el pistón pase del PMS a el PMI, esta energía es transmitida hacia el cigüeñal por el mecanismo biela - manivela antes mencionado.
- Fase de escape (4): El pistón termina de entregar la energía producto de la fase de trabajo (3), la válvula de escape se abre y el pistón pasa del PMI al PMS logrando así desalojar los gases quemados producto de la combustión hacia el exterior, seguidamente se repite el proceso desde la fase de admisión (1) generando así un ciclo de trabajo llamado ciclo otto como se muestra en la figura 2.

**Figura 2**

*Fases del ciclo otto*



*Nota.* Tomado de *Matt Keveney*, 2021.

Cada una de las cuatro fases dentro del motor ciclo otto tiene como principal objetivo mejorar el rendimiento del motor en marcha, esto se lo consigue con la variación de la cantidad de fluido que ingresa en la cámara de combustión y se logre quemar la máxima cantidad de comburente, mejorar el rendimiento dependerá del llenado y combustión en la cámara dando como resultado un aumento o disminución de potencia del motor. (Carreras Planells, 2015)

### 1.1.1 Combustión de un MCIA y estequiometría

La combustión se define por la relación entre la cantidad de combustible y aire que ingresa al motor, este proceso recibe el nombre de dosado ( $F$ ) y su ecuación (1) se define como la relación entre las masas de estos dos elementos; el aire del ambiente está compuesto de nitrógeno ( $N_2$ ), vapor de agua ( $H_2O$ ), oxígeno molecular ( $O_2$ ), dióxido de carbono ( $CO_2$ ) y argón ( $Ar$ ), las proporciones de cada elemento varían según el lugar geográfico y las condiciones climáticas que se encuentren (ecuación 1).

$$F = \frac{m_{Combustible}}{m_{aire}}$$

[1]

Donde:

$F$  = dosado

$m_{Combustible}$  = masa del combustible

$m_{aire}$  = masa del aire

Dicha relación formada entre la masa de combustible y aire corresponde a la llamada relación estequiométrica de un proceso ideal de combustión donde pueden ser oxidados completamente el agua ( $H_2O$ ) y el dióxido de carbono ( $CO_2$ ), este proceso recibe el nombre de dosado estequiométrico ( $F_e$ ) (ecuación 2).

$$F_e = \left( \frac{m_{combustible}}{m_{aire}} \right)_{estequiometría}$$

[2]

A partir de la definición de dosado y dosado estequiométrico el cociente entre estas dos recibe el nombre de dosado relativo ( $F_r$ ) (ecuación 3), donde se representa cómo 1 con respecto a las condiciones estequiométricas de la mezcla de comburente depositado en la cámara de combustión.

$$F_r = \frac{F}{F_e} \quad [3]$$

Se pueden distinguir tres tipos o modos de funcionamiento en la combustión relacionados con el coeficiente lambda:

- $F_r < 1$ : Cuando el dosado relativo tiene un exceso de aire, falta de combustible, la mezcla es pobre
- $F_r = 1$ : Cuando la mezcla es estequiométrica
- $F_r > 1$ : Cuando el dosado relativo tiene un exceso de combustible, falta de aire, la mezcla es rica

A partir de las definiciones mencionadas, una combustión homogénea puede darse entre un dosado mínimo que sea inferior a 1, uno máximo a 1, todo dependerá del tipo de combustible, el punto de encendido y el sistema de encendido, entre otros. Una combustión heterogénea en los MEC se puede establecer en el dosado relativo que se encuentra cercano a 0 hasta valores debajo de esta unidad, entre 0,7 a 0,8, en la mayoría con una condición global de operación de mezcla pobre.

## **1.2 Incidencia en el rendimiento del motor con respecto a la altura**

Los motores de combustión interna alternativos (MCI) requieren tomar el aire exterior y mezclarlo con el combustible donde el sistema de combustión se encarga de quemar la mezcla

provocando así una explosión en la fase de expansión como se mencionó anteriormente, todo proceso que involucre la combustión, quema, encendido provocado obteniendo como resultado una llama de fuego que requiere la combinación del oxígeno ( $O_2$ ) como parte fundamental del proceso de combustión. La altura tiene un papel fundamental en el efecto directo, ya que, los motores trabajan en función de la presión ambiental, ciertos vehículos de alta gama integran sistemas correctores que ayudan a minorizar los efectos de la altura en el motor, los motores de combustión interna al tener sistemas de inyección de combustible volumétricos, la variación de altura con respecto al nivel del mar modifica los parámetros termodinámicos en sus ciclos de operación incidiendo así en las prestaciones que debería entregar el motor según lo que exprese cada fabricante, además, se ven alteradas las condiciones de mezcla y combustión resultando en una variación en una menor o mayor formación de emisiones contaminantes. (Lapuerta, Armas, Carlos A y Sánchez, 2006)

En el sistema de inyección de los MCI se requiere llegar en lo posible a un dosado estequiométrico siendo el principal requerimiento para un rendimiento óptimo, el sistema de inyección es controlado por medio de una unidad de control llamada ECU por sus siglas en inglés, la cual se encarga de regular el dosado, controlar la apertura de las válvulas, ángulo de la mariposa y retrasar o avanzar el ángulo de encendido a medida que varía la altura con respecto al nivel del mar y la temperatura, con dicha variación se pretende obtener la menor cantidad de pérdidas en el rendimiento del motor. (Lapuerta, Armas, Carlos A y Sánchez, 2006)

### **1.3 Curvas características de un MCI**

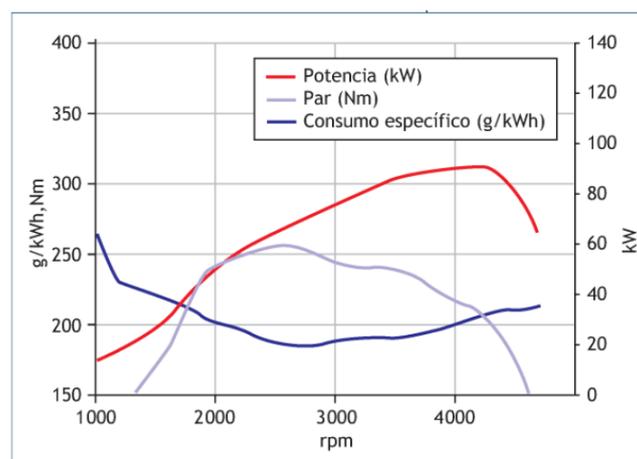
Las curvas de torque y potencia nos ayudan a observar cómo varían ciertas magnitudes físicas en función de un número dado de revoluciones que puede entregar el motor, en la ayuda de representarlas se utiliza un diagrama donde se muestra en número de revoluciones que encontramos en el eje  $X$  o abscisas y el resto de los parámetros según lo que se esté estudiando

en el eje  $Y$  o de ordenadas; las principales curvas características que encontramos son 3 (Figura 3):

- Curva par motor: El par motor es la fuerza aplicada en un elemento que lo haga girar a cierta distancia, mecanismo biela-manivela, en las curvas no es constante porque la presión sobre el pistón varía dependiendo el régimen de motor y el tipo de mezcla en función de este.
- Curva potencia: La potencia se da en función del tiempo y desplazamiento de la carga del vehículo, la potencia es directamente proporcional al número de revoluciones y par motor, mientras exista un mayor par, la potencia aumentará.
- Curva consumo específico: El consumo específico es la cantidad de combustible en función del tiempo por cada unidad de potencia generada, en la curva desde un principio va disminuyendo hasta cierta revolución del motor hasta el punto máximo del par llegando a aumentar el consumo a partir de ese punto a medida que aumentan las revoluciones.

**Figura 3**

*Curvas características*



*Nota.* Tomado de *Secundino E*, 2011.

#### **1.4 Emisiones contaminantes en los MCIA**

En un ciclo de vida global del vehículo este produce varios contaminantes que se conocen como “emisiones” que son expulsadas por medio de los gases de escape, las emisiones son el conjunto de fuentes localizadas donde sabemos a ciencia cierta donde se generan, en el caso de los vehículos, se generan en las cámaras de combustión del motor producto de una combustión de la mezcla de aire y combustible, dichas emisiones se evacuan hacia el exterior por medio del escape del vehículo. Los productos contaminantes emitidos por el vehículo no son de un orden natural o especie existente en el aire, estas son sustancias extrañas contaminantes primarias, las cuáles son de una fuente identificable como se mencionó antes.

#### **1.5 Productos contaminantes principales de los motores MCIA**

Las principales emisiones contaminantes en los motores de combustión interna alternativos son las siguientes:

- Partículas contaminantes: Son elementos que se presentan como líquidos, sólidos o gaseoso, la acumulación y concentración de estos tienen repercusiones nocivas en la salud de los seres humanos y afectan a la naturaleza por ser expedidos por los gases de escape hacia la atmósfera.
- Dióxido de carbono ( $CO_2$ ): Este lo encontramos en todo el planeta, de origen natural encontrado en la formación de la atmósfera y alterado por el ser humano en lo referido a una alta emisión por medio de los vehículos, este es un tipo de gas inocuo sin afección en la salud humana, sin embargo, la actividad humana da como consecuencia la incrementación de este gas el cual afecta al calentamiento global que es está claro que es por las altas emisiones de  $CO_2$ , esto se ve fundamentado y respaldado por toda la comunidad científica, que a su vez se dice que:, las cantidades de contaminación por dióxido de carbono son directamente proporcionales al consumo de combustible y se dice que es inevitable la producción del gas contaminante, ya que, en todo proceso de

consumo de combustible a base de carbono en obtener energía siempre se tendrá como producto dicho gas ya mencionado (Antonio A, 2016).

- Monóxido de carbono ( $CO$ ): Es un gas generado por cualquier tipo de combustión, es muy tóxico en grandes cantidades o a una exposición continua para la salud, este es absorbido por medio del sistema de oxigenación de los seres humanos, a su vez, la acumulación constante en la atmosfera puede llegar a transformarlo con el transcurso de un tiempo en dióxido de carbono ( $CO_2$ ).
- Óxido de nitrógeno ( $NO_x$ ): Son un conjunto de gases nitrosos y nítricos conocidos como  $NO$  y  $NO_2$ , generalmente por producto de la combustión se forman los  $NO$  el cual es un gas inodoro e incoloro que al igual que monóxido de carbono ( $CO$ ) produce las mismas afecciones en la salud, la diferencia está en que los  $NO$  se los encuentra en una menor concentración, el  $NO$  puede pasar rápidamente a transformarse en  $NO_2$  debido a las altas temperaturas de las paredes de la cámara de combustión, el  $NO_2$  en altas concentraciones es un gas irritante incidiendo de igual forma en la salud y a su vez este puede transformarse en gas ozono ( $O_3$ ).
- Hidrocarburos ( $HC$ ): Estos aparecen por consecuencia de una mala combustión o una incompleta de la misma formando así los hidrocarburos ( $HC$ ) en estado líquido, sólido o gaseoso.
- Ozono ( $O_3$ ): Este gas es formado por el conjunto de elementos como el óxido de nitrógeno ( $NO_x$ ), hidrocarburos ( $HC$ ) y la radiación solar formando así el ozono ( $O_3$ ), de igual manera que los ya mencionados gases contaminantes, en cantidades suficientes, causa enfermedades respiratorias en los seres humanos.
- Óxido de azufre, cloruros y bromuros de plomo: Estos contaminantes aparecen mayormente por el tipo de combustible y su contenido, en algunos se puede tener una mayor o no concentración de estos contaminantes, todo dependerá de factores externos

como la normativa para los combustibles de cada país y desde su origen en las refinerías, al igual que los gases ya mencionados, estos contaminantes son de igual manera nocivos para la salud y el medio ambiente.

En resumen, los motores de combustión interna de encendido por chispa o del tipo MEP, generando contaminantes son las emisiones de monóxido de carbono ( $CO$ ), las emisiones de óxido de nitrógeno ( $NO_x$ ) y los hidrocarburos ( $HC$ ), siendo estos tres contaminantes ya mencionados los principales en tomar en cuenta.

## **1.6 Formación de contaminantes producidos por los motores de encendido provocado MEP**

Convencionalmente, los motores de encendido provocado MEP podrían trabajar dentro de los límites de combustión, con una mezcla homogénea con una riqueza que oscila entre una distribución de combustible relativo de 0,8 y 1,4, aunque el rango de operación real es mucho menor. En los motores de combustión interna de carga estratificada la riqueza es variable según la región de la cámara. En ambos casos, las emisiones contaminantes son directamente proporcionales a la mezcla rica o pobre durante la fase de combustión y quema del comburente.

(de Antonio, A. R. & Muñoz Domínguez, M, 2016)

### **1.6.1 Formación de monóxido de carbono ( $CO$ )**

El monóxido de carbono se forma a partir de cualquier tipo de combustión de combustible de origen fósil dando paso a la cinética química de la oxidación del carbono dando como resultado el dióxido de carbono ( $CO_2$ ). La cinética tiende a ser más rápida cuando las temperaturas son altas en la cámara de combustión, es decir, existirá una rápida oxidación de  $CO$  a  $CO_2$ , esto por ejemplo puede suceder en un alto régimen de trabajo continuo del motor a altas revoluciones logrando así ser expulsado directamente al ambiente el  $CO_2$ , por otro lado, cuando la temperatura de la cámara de combustión es relativamente baja el proceso cinético de

oxidación es lento o incluso no llegarse a dar, esto es llamado en química un proceso congelado dando como resultado la expulsión al exterior de únicamente  $CO$ . Otra causa de la formación de monóxido de carbono  $CO$  es la disminución de aire en la mezcla de combustible resultando en una combustión incompleta y no llegando a las temperaturas necesarias que darían paso a la cinética de la reacción del  $CO_2$ .

### **1.6.2 Formación de óxido de nitrógeno ( $NO_x$ )**

Los  $NO_x$  se forman por producto de una reacción cinética del oxígeno que encontramos en el aire mediante las altas temperaturas que encontramos específicamente en las paredes del cilindro donde se genera el proceso de combustión, es decir, no en el proceso de combustión, al no llegar enfriarse dicha área rápidamente con la entrada a la cámara de combustión nuevo aire este entra en contacto con las paredes en alta temperatura y comienza el proceso cinético de oxidación produciéndose así la nueva formación de los  $NO_x$  siendo los  $NO$  primarios en formarse, seguidamente al ser expulsados por el escape estos terminan en transformarse en los  $NO_2$  conocido como un contaminante secundario; la única condición que deberá existir para la formación de óxido de nitrógeno ( $NO_x$ ) es tener altas temperaturas en el cilindro, cámara de combustión y de más partes donde el oxígeno entre en contacto con dichas partes, en ciertos casos no existirá dicha formación ya que la temperatura no es tan alta y la mezcla del combustible es una mezcla pobre produciendo una menor combustión y temperatura.

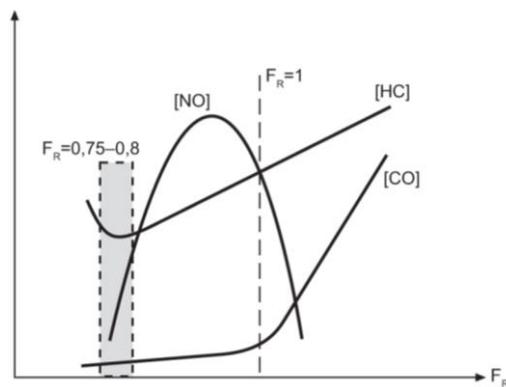
### **1.6.3 Acumulación de contaminantes en función de la mezcla óptima de trabajo**

En la figura 4 se observa que las emisiones de  $CO$  aumentan con una mezcla rica, desde un principio son bajas y crecen debido al aumento de temperatura de una forma abrupta al momento de tener una falta de oxígeno; se logra apreciar que las emisiones de  $NO$  tienen un punto máximo que se encuentra cerca de una dosificación estequiométrica, su formación crece debido al aumento de temperatura, decrecen al tener más oxígeno que ingresa en la mezcla y

enfría la cámara y de más elementos que se encuentran disminuyendo así la formación de  $NO$ ; en los hidrocarburos ( $HC$ ) se tiene una formación mínima en una mezcla pobre, en una mezcla rica mayor será la presencia de  $HC$  por una cantidad que no logra ser quemada, en la mezcla pobre disminuyen porque la llama formada logra quemarlos en su mayoría. (Antonio A, 2016)

**Figura 4**

*Concentración de emisiones contaminantes en MEP en función del dosado relativo*

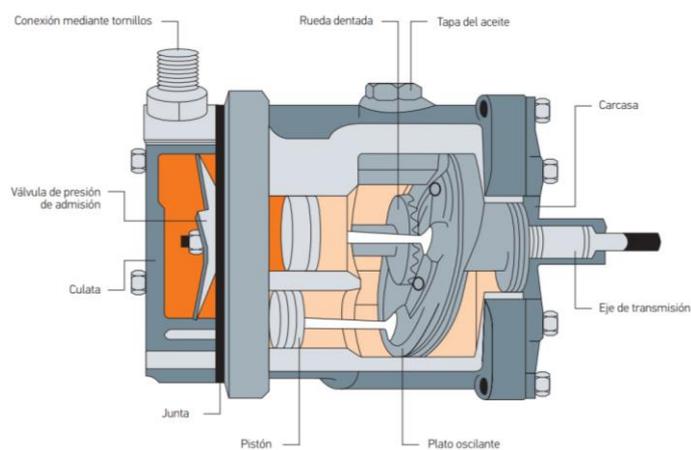


*Nota.* Tomado de Antonio A, 2016.

## 2. COMPRESOR DE AIRE ACONDICIONADO AUTOMOTRIZ

**Figura 5**

*Partes del compresor automotriz*



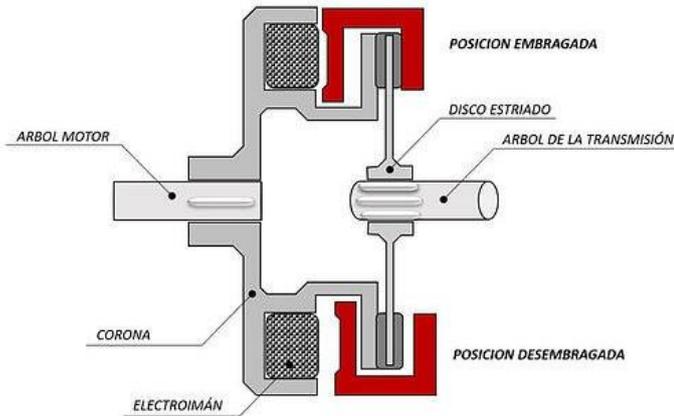
*Nota.* Tomado de Hella Nussbaum Solutions, 2019.

El compresor de aire acondicionado automotriz (figura 5) es un sistema el cual es accionado por medio de correas o poleas del sistema de distribución del motor de combustión interna en el vehículo, es decir, este compresor funciona con el motor en marcha y toma energía motriz para su funcionamiento cuando este se encuentra encendido, siendo así que del motor se resta una cierta cantidad de energía usada en el compresor y dicha energía ya no será transmitida a las ruedas motrices para el movimiento del vehículo. La principal función del compresor es alimentar el sistema de aire acondicionado, aumentando la presión y moviendo el aire por todo el sistema de cañerías, condensador y radiador de dicho sistema logrando así por medio de un proceso enfriar el habitáculo del vehículo. El accionamiento del compresor como ya se mencionó es por medio de la polea de distribución que siempre está en constante movimiento cuando el motor se encuentra en marcha, sin embargo, el compresor en sí y su sistema de pistones encargados de comprimir el aire mientras el conductor o su sistema automático de encendido no esté en un modo de operación activo este mismo no realizará la función de comprimir, esto se logra con su sistema llamado “embrague electromagnético” (figura 6) que es el encargado de activar o desactivar el compresor según se lo requiera, mientras se encuentre desactivado este girará libremente, cuando se active el embrague electromagnético por medio de imanes se unirá el eje de distribución hasta el eje donde se encuentran los pistones para hacerlos funcionar acoplando y desacoplando dicho sistema electromagnético, el encendido del compresor dependerá del tipo de vehículo, año y sistema de climatización, ya que, en algunos casos el aire acondicionado se activa manualmente y/o automáticamente dependiendo por los factores ya mencionados.

La figura 6 muestra el embrague electromagnético, siendo este un electroimán que acopla y desacopla, es un conjunto formado de un núcleo de hierro y una bobina generando un campo magnético por un pulso eléctrico.

**Figura 6**

*Embrague electromagnético de acción lateral*



*Nota.* Tomado de *Hankel*, 2019.

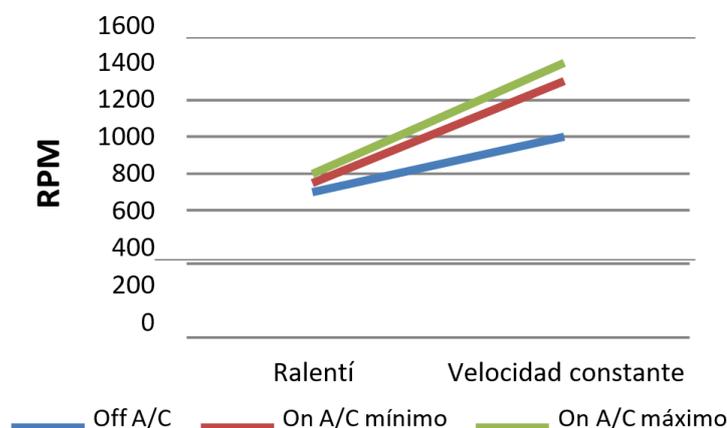
## 2.1 Compresor y variaciones del régimen del motor según su funcionamiento

Como se mencionó anteriormente, el compresor requiere para su funcionamiento energía proveniente del motor logrando así poner en marcha los pistones y aumentar la presión del sistema de aire acondicionado, dicha presión deberá ser constante para la óptima actuación del gas refrigerante, es decir, una variación del régimen del motor siendo esta que disminuyera la presión en el sistema de aire acondicionado también disminuirá, consecuencia a esto, el aire acondicionado en el vehículo no cumplirá correctamente su propósito. En el caso de tener un régimen alto que sobre pase el del compresor, la presión no se verá afectada por el regulador de presión, ya que, dicho sistema está diseñado para resistir altas presiones en el caso de un régimen alto.

En la figura 7 se muestra tres estados diferentes (aire acondicionado apagado, encendido al mínimo y encendido al máximo) cómo se ve afectado cada uno dependiendo las dos variables del motor, uno en ralentí y el segundo a una velocidad constante del vehículo a 20 Km/h.

**Figura 7**

*Variaciones en RPM*



*Nota.* Tomado de *SOMIN, 2011*.

En la tabla 1 se muestra los resultados obtenidos de la variación de las RPM en el motor según las fases en que se encuentre el aire acondicionado, se observa que cuando el vehículo se encuentra en ralentí con el A/C apagado las RPM son 650, un régimen normal y común de los motores en ralentí, con el A/C encendido al máximo se puede observar tanto en la figura 6 y la tabla 1 que las RPM aumenta un 23.07 % con el vehículo en estado estacionario, con el vehículo en movimiento a una velocidad constante de 20 Km/h con el A/C apagado se tiene 1000 rpm, con el A/C encendido al máximo se puede observar tanto en la figura 7 y la tabla 1 que las RPM aumenta un 40 %; se debe aclarar que, dependiendo el tipo de vehículo y el modelo del compresor automotriz, las RPM podrían variar, ya que, los valores mostrados son de una serie de experimentos con distintos vehículos de diferente cilindrada, llegando a un punto de conclusión similar el cual es, el uso del aire acondicionado siempre el compresor tendrá que tomar energía motriz del motor provocando que el mismo tenga que aumentar las RPM para el correcto funcionamiento del compresor.

**Tabla 1**

*Variación de RPM según el estado del A/C*

	<b>Off A/C</b>	<b>On A/C mínimo</b>	<b>On A/C máximo</b>
<b>Ralentí</b>	650	750	800
<b>20 Km/h</b>	1000	1300	1400

*Nota. SOMIN (2011).*

### **2.1.2 Potencia Consumida por el uso del A/C**

Como se mostró anteriormente el compresor en sí requiere un uso de potencia para su funcionamiento y lo consigue aumentando las RPM del motor, esto se traduce en que el motor deberá consumir más combustible para suplementar dicha potencia requerida llegando así a concluir que siempre que se use el aire acondicionado este tendrá una repercusión en el consumo de combustible siempre aumentándolo a medida del paso del tiempo de uso del sistema de A/C.

Como menciona el experimento realizado por SOMIN: “Los resultados finales muestran el consumo energético sin aire acondicionado y con aire acondicionado respecto a los niveles mínimo y máximo del mismo. Medido en % de consumo energético, la energía perdida por la evaporación del agua generada en la combustión a partir del hidrógeno representa el 7% del poder calorífico neto y la potencia suplementaria mínima y máxima requerida por el aire acondicionado es de 7.15 y 14.30% de la potencia base. Esta potencia suplementaria se traduce en un aumento del consumo de combustible” (SOMIN, 2011). Energía de descarga de automotores y aire acondicionado. Un estudio experimental. UAM – Universidad Autónoma Metropolitana.

## **METODOLOGÍA**

En el estudio se presenta el comportamiento de las variables dependientes: Potencia (kW), Torque (Nm) y Factor de emisión (g/km); al emplear las gasolinas súper comercializadas en el Ecuador (Súper EPP, Súper Evol-T y Súper G-Prix) en unos de los vehículos más

comercializados en el mercado en la categoría Sedan (Chevrolet Aveo Emotion) en ciclos simulados en dinamómetro de chasis (IM240), en las configuraciones sin y con aire acondicionado.

Para el análisis y comparación de los resultados se emplea el software *Statgraphics Centurion XVI*, realizándose un ANOVA para los diferentes tratamientos (combinaciones) que se muestran en la tabla A. Se realizaron 3 repeticiones de cada tratamiento según lo establecido por la norma NTE INEN 2205 en el apartado 6 sobre métodos de ensayo donde en el punto 6.1.5.4 refiere “Registrar y promediar un mínimo de 3 lecturas en cada prueba”.

**Tabla A**

*Tratamientos para el análisis de diferencias significativas*

Número de Tratamientos	Autos	Combustibles	Configuración del aire Acondicionado
T1	Chevrolet Aveo Emotion	G-Prix	Sin
T2	Chevrolet Aveo Emotion	G-Prix	Con
T3	Chevrolet Aveo Emotion	Evol-T	Sin
T4	Chevrolet Aveo Emotion	Evol-T	Con
T5	Chevrolet Aveo Emotion	Super EPP	Sin
T6	Chevrolet Aveo Emotion	Super EPP	Con

Se realiza un diseño de experimento factorial multinivel con superficie de respuesta para los factores de emisión del CO, NOx, y HC, para analizar su comportamiento en función del combustible y la configuración del aire acondicionado. Para lo cual se realiza asignaciones (Tabla B) necesarias para el uso del software *Statgraphics Centurion XVI*.

**Tabla B**

*Designaciones de los combustibles y configuraciones del aire acondicionado*

<b>Combustibles</b>	<b>Designación</b>	<b>Configuración del aire Acondicionado</b>	<b>Designación</b>
G-Prix	1	Sin	1
Evol-T	2	Con	2
Super EPP	3		

### **3. Dinamómetro**

Es una máquina caracterizada por medir la energía que es entregada por el motor de un vehículo mediante distintos elementos que conforman el sistema del dinamómetro que operan en rangos de carga y velocidad simulando un estado de movimiento en marcha del vehículo en distintas condiciones. Se tiene dos tipos de dinamómetros, el primero es el llamado “Dinamómetro de chasis” y el segundo es el “Dinamómetro de motor”.

#### **3.1 Dinamómetro de motor**

El dinamómetro de motor está caracterizado por la manera en realizar pruebas en los motores de una manera más “específica” siendo esta que los motores en sí no se encuentran dentro del vehículo, esto se lo hace más por parte de los fabricantes de motores para realizar pruebas y medidas mayormente exactas y precisas de los consumos específicos de los motores al diseñar y fabricar un motor nuevo, como también su torque, potencia, régimen máximo, temperaturas específicas de puntos como el bloque, cabezal, cigüeñal, volante de inercia, escape, etc. Adicional esto, se puede aumentar más sensores de medición según la marca que se encuentre realizando las pruebas lo requieran. En la figura 8 se muestra un ejemplo de un dinamómetro de motor.

**Figura 8**

*Dinamómetro de motor prueba hecha en argentina*



*Nota. Tomado de Accudyno, 2022.*

**3.2 Dinamómetro de chasis**

El dinamómetro de chasis se diferencia de el de motor en el tipo de pruebas y su forma de realizarlas, ya que, las pruebas se lo realizan con un vehículo en un estado estacionario en una plataforma fija al suelo compuesta de dos o más pares de rodillos donde se posiciona el vehículo, mediante dichos rodillos se mide el par motor y potencia que es llevada a las ruedas motrices, los resultados se muestran en forma de gráfica mediante las curvas características del motor; El vehículo se posiciona según el tipo de tracción que se tenga y es anclado al suelo. En la figura 9 se muestra un ejemplo de un dinamómetro de chasis usado en el Centro de Transferencia Tecnológica para la Capacitación e Investigación en Control de Emisiones Vehiculares (CCICEV).

**Figura 9**

*Dinamómetro de chasis*



*Nota.* Tomado de CCICEV, 2022.

Los principales valores de potencia obtenidos en el dinamómetro de chasis modelo LPS 3000 el cual fue usado para realizar las distintas pruebas de esta investigación son:

- Potencia Normal Según ISO 1585.
- Potencia del motor.
- Potencia de las ruedas.
- Potencia de arrastre.

### **3.2.1 Potencia efectiva o del motor ( $P_e$ )**

También llamada potencia de frenado (ecuación 4) debido a que los rodillos suponen de un mecanismo de frenado para el vehículo, se utiliza un sistema llamado “ freno de corrientes parásitas”, su función es de suponer una fuerza opuesta al motor y medir la cantidad de torque usado para superar dicha fuerza y así determinar su valor.

$$P_e = T \times n \quad (kW) \quad [4]$$

Donde:

$P_e$  = Potencia efectiva (kW)

$T$  = Torque de motor (Nm)

$n$  = Régimen del motor ( $rpm$ )

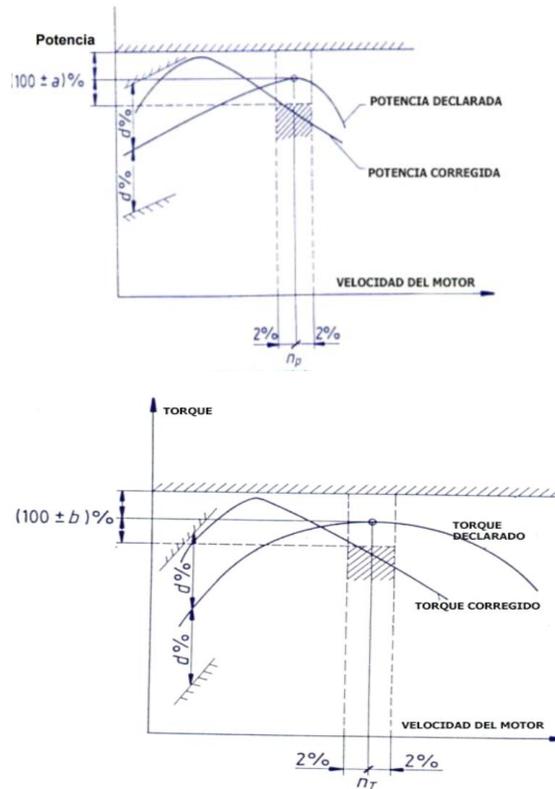
$$P_{motor} = P_{rueda} + P_{arrastre} \text{ (kW)} \quad [5]$$

### 3.2.2 Potencia Normal según ISO 1585

Es la potencia obtenida del motor basada en la norma ISO 1585 con correcciones programadas en el sistema de medición, en este caso el dinamómetro LPS 3000, se corrige la gráfica de torque y potencia declarada o la tomada y se transforma a una gráfica corregida que será la que se tomará en cuenta; existen otras normativas similares, en este caso se usó la ya mencionada, dicha normativa fue producto de investigación y numerosos ensayos que avalúan su fidelidad para su aceptación en pruebas de torque y potencia. En la figura 10 se puede observar cómo producto de la investigación de la ISO se obtuvo la corrección de la gráfica de torque y potencia.

**Figura 10**

*Gráficas de torque y potencia declarada y corregida*



*Nota.* Tomado de ISO 1585, 2020.

El torque del motor es el resultado de la división entre la potencial normal o normalizada y la velocidad angular registrada por el dinamómetro, a continuación, su ecuación 7:

$$P_{aplicadalanorma} = T * \omega = T * 2\pi n$$

[6]

$$T = \frac{P_{aplicadalanorma}}{2\pi n}$$

[7]

Donde:

$$P_{aplicadalanorma} = \text{Potencia Normalizada (kW)}$$

$$T = \text{Torque de motor (Nm)}$$

$n$  = Régimen del motor (*rpm*)

$\omega$  = Velocidad angular (rad/s)

### **3.2.3 Potencia a la rueda (WHP)**

La potencia en la rueda es la entregada por el motor seguida de todos los componentes pasando por la caja de transmisión, ejes, rodamientos, es decir, pérdidas en el tren de potencia hasta llegar a la rueda. Sin embargo, esta potencia no es la misma que la potencia de arrastre.

### **3.2.4 Potencia de frenado (BHP)**

La potencia de frenado es mayor que la potencia a la rueda (WHP), ya que, deberá vencer la inercia con la ayuda de la transmisión y su medición será más directa, en pocas palabras, es la capacidad del motor en producir potencia.

### **3.2.5 Potencia de arrastre**

Es la pérdida de potencia con el vehículo en movimiento por diferentes factores que se encuentren antes de que la potencia pase por el embrague, esto se lo mide cuando la prueba en el dinamómetro el vehículo llega a la revolución máxima donde se consigue el máximo torque (las revoluciones varían dependiendo del tipo de motor de cada vehículo y marca) seguido de una desaceleración, consiguiendo así la potencia de arrastre o la que va desde el embrague a las ruedas motrices.

### **3.2.6. Medición de torque y potencia en el dinamómetro de chasis LPS 3000**

En la obtención de las mediciones de torque y potencia del vehículo se necesitará de la ficha técnica del vehículo en sí, con los valores dados por el fabricante se llenarán los parámetros que requiera el software del dinamómetro para obtener resultados fiables, seguidamente de esto el vehículo cuando se encuentre en marcha esté deberá tener una relación de transmisión 1:1 o lo que se conoce como la relación de transmisión directa del motor a las ruedas para finalmente así obtener las curvas de torque y potencia.

### 3.2.6.1 Especificaciones técnicas del dinamómetro LPS 3000

En la tabla 2 se muestran las especificaciones técnicas del dinamómetro LPS 3000 el cual fue usado para la obtención de los resultados de esta investigación.

**Tabla 2**

*Datos técnicos de equipo LPS 3000*

<b>JUEGO DE RODILLOS</b>	
Carga sobre el eje (Ton)	15
Longitud (mm)	4550
Ancho (mm)	1100
Altura (mm)	625
Peso (Kg)	2410
Longitud de rodillo (mm)	900
Vía mín. (mm)	820
Vía max. (mm)	2620
Diámetro mínimo de rueda para ensayar (pulg)	12
Diámetro de rodillo (mm)	318
Distancia entre rodillos (mm)	565
Sobreelevación rodillo (mm)	45
<b>SISTEMA DE ELEVACIÓN CON BLOQUEO DE RODILLOS</b>	
Hidráulico	
<b>DATOS ELÉCTRICOS</b>	
Potencia corriente parásita (kW)	2x200
Potencia rueda (kW)	30 máx.
660	
Fuerza de tracción (kN)	Máx. 25

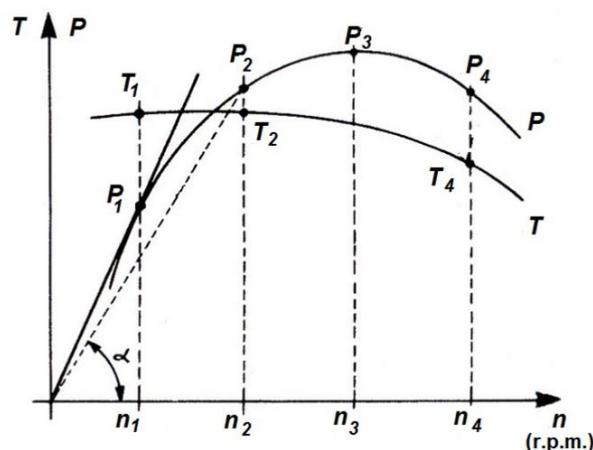
## 4. CURVAS DE TORQUE Y POTENCIA DEL DINAMÓMETRO DE CHASIS

La fuerza par motor es variable, en casos como un motor de cuatro tiempos, es el momento en el que en la fase de combustión se produce una fuerza negativa que sería el descenso del pistón generando así un par motor, esto varía dependiendo de el régimen del motor, a bajas revoluciones habrá una menor combustión traducido a una menor fuerza de combustión y a mayor revolución los gases de expansión tendrán una mayor fuerza de inercia que empujará el pistón a una mayor fuerza, consecuencia a esto, mientras el vehículo acelera en teoría se debería producir en la gráfica una línea casi horizontal por el aumento de par, pero con lo mencionado anteriormente esta supondría una línea curva, motivo es la relación de combustión, ya que, siempre existirá pérdidas de potencia y a un máximo régimen la

combustión sería con una mezcla rica llegando así a no quemar todo el comburente, producto de esto a mayores RPM menos aire logra entrar y no se lograría quemar todo por completo. En un plano general en lo referido a una gráfica de motor y potencia en la figura 11 se muestra dicha gráfica como se supondría que se vería después de una prueba en el dinamómetro.

**Figura 11**

*Curva torque y potencia en general ( Ingemecánica 2020)*



*Nota. Tomado de Ingemecánica, 2020.*

Donde:

$P_{aplicadalanorma}$  = Potencia Normalizada (kW)

$T$  = Torque de motor (Nm)

$n$  = Régimen del motor (rpm)

En la figura 11 se puede apreciar que la potencia ofrecida por el motor de tipo MCIA aumenta en función del régimen hasta llegar a su punto máximo ( $P_3$ ) que se alcanza en el régimen ( $n_3$ ), en la condición descrita a partir de ese punto si se aumenta las revoluciones del vehículo, es decir sobrepasando su límite de entrega de potencia especificada por el fabricante, este no podrá hacerlo y comenzará a descender como se observa en el régimen ( $n_4$ ), esto se debe por limitantes propias del vehículo cómo lo son los sistemas mecánicos, caja de cambios,

cilindrada del motor, velocidad, mezcla de combustible rica al no tener la capacidad de admitir más aire en la cámara de combustión.

## **5. FACTORES DE EMISIÓN**

Los factores de emisión son considerados agrupaciones de emisiones contaminantes liberadas hacia la atmósfera producto de fuentes móviles ( en el caso de esta investigación) y cualquier otro proceso que como resultado de ello genere contaminación (CO,NOX y CO<sub>2</sub>) dependiendo del tipo de combustible usado, en unos los factores serán más altos que otros; los factores móviles se los puede medir en función de la cantidad de masa contaminante por la distancia recorrida del vehículo o también por la cantidad de combustible quemado. Existen cinco métodos que se pueden implementar para la medición de los factores de emisión que son; Mediciones de factores de emisión por medio de un dinamómetro de chasis, equipo a bordo, túnel o calle cañón, modelación inversa y uso de modelos matemáticos. En esta esta investigación se encaminó por ir por el método del uso de un dinamómetro de chasis.

### **5.1 Dinamómetro de chasis como método de medición de los factores de emisión del vehículo.**

En este método se requiere el uso de un dinamómetro, mediante la implementación de un ciclo de conducción que no es más que una manera de simular ciertas condiciones de conducción en lo referido a la topografía de las carreteras en ciertos lugares, esto dependerá en qué condiciones se requiera obtener datos acerca de los factores de emisión, por ejemplo, los datos de una autopista en Europa donde en ciertos lugares se supera los 130 *km/h* como lo es en Alemania en una autopista en línea recta con un tiempo de conducción de 30 minutos de un punto A y B a esa velocidad no serán los mismo datos obtenidos que en el Ecuador en la ciudad de Quito a una altura de 2850 msnm donde en ciertas partes de las autopistas la velocidad máxima es de 90 *km/h* donde los tramos no son en línea recta, en ciertas partes no se puede

exceder los 60 *km/h* siendo carreteras y adentrados a la ciudad por factores como el tráfico y así mismo límites de velocidad por zonas urbanas, zonas escolares, intercambiadores y redondeles el vehículo no logra mantenerse en un estado constante a una misma velocidad, producto de esto el vehículo tiene constantemente arranques o aceleraciones bruscas donde esto se traduce en que el motor trabaja en un régimen alto la mayoría de tiempo y como se mencionó antes en esta investigación, el motor consumirá más combustible lo que provoca más emisiones contaminantes; El ciclo de prueba que se asemeja a lo anterior dicho, es el ciclo IM240.

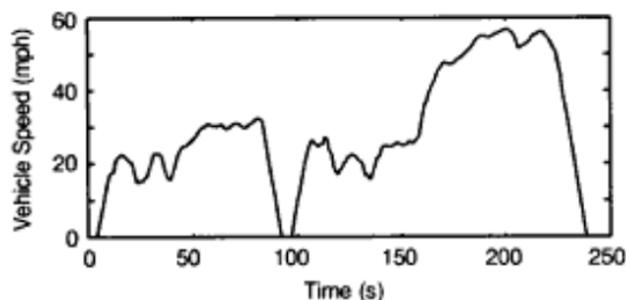
### **5.2 Ciclo de pruebas dinámico IM240**

La prueba de ciclo dinámico IM240 se caracteriza por ser un ciclo corto donde en su tiempo de duración se logra analizar y medir la cantidad de emisiones contaminantes del vehículo, más referido a un entorno en la ciudad de Quito el ciclo de manejo es similar a las velocidades que podemos encontrar como las mencionadas en el ítem 5.1, otra característica de este ciclo es la de que se adapta a los tipos de vehículo del mercado más nuevos y/o antiguos, vehículos con todos los mantenimientos preventivos y predictivos realizados como los vehículos donde no ha realizado ningún tipo de mantenimiento, con respecto a vehículos que no tengan sus mantenimientos correspondientes la prueba puede dar a conocer que dichos vehículos no podrían cumplir con las normas de control de emisiones dependiendo de cada país, es preferible y recomendable que el vehículo esté en óptimas condiciones para las pruebas y tener mejores resultados.

En la figura 12 se aprecia el ciclo de conducción en forma de gráfica en donde el conductor deberá seguirla en lo que dure la prueba y en la tabla 3 se muestra las especificaciones técnicas de la prueba IM240 donde encontramos datos de velocidad, tiempo, distancia, paradas y aceleraciones.

**Figura 12**

*Diagrama de manejo de ciclo IM240*



*Nota.* Tomado de *JOURNAL OF FUELS & LUBRICANTS*, 1994.

**Tabla 3**

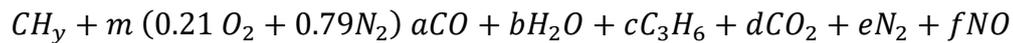
*Especificaciones técnicas prueba IM240*

<b>Parámetro</b>	<b>Valor 1</b>	<b>Valor 2</b>
Distancia (m)/Duración (s o min)	3151,9	240 (4)
Velocidad del Vehículo Máxima/Promedio (km/h)	91,25	47,28
Aceleración Promedio/Máxima (m/s <sup>2</sup> )	0,439	1,475
Desaceleración Promedio/Máxima (m/s <sup>2</sup> )	-0,684	-1,565
Tiempo de Conducción (s)/ (%)	231	96,25
Tiempo de Conducción (%) $V \leq 30 \text{ km/h} \leq 60 \text{ km/h}$	22,92	49,17
Tiempo de Conducción (%) $60 < V \leq 100 \text{ km/h} \leq 60 \text{ km/h}$	27,92	0
Tiempo velocidad crucero (s)/ (%)	11	4,58
Tiempo gastado en aceleración (s)/ (%)	134	55,83
Tiempo de aceleración (%) $0 < a \leq 1.0 \text{ m/s}^2/a > 1.0 \text{ m/s}^2$	48,33	7,50
Tiempo gastado en desaceleración (s)/ (%)	86	35,83
Tiempo de desacel. (%) $a \leq -1.0 \text{ m/s}^2/-1.0 \leq a < 0 \text{ m/s}^2$	12,08	23,75
Tiempo de Marcha en Vacío (s)/ (%)	9	3,75
Aceleraciones por km/por min	4,76	3,75 (5,00)
Número de Paradas/Máxima parada intermedia (s)	2	4
Paradas por km/Duración promedio de paradas (s)	0,63	4,50

### 5.3 Análisis de factores de emisión

A continuación, se presenta un resumen del modelo de la combustión en la mezcla del comburente aire – combustible en sus principales productos como se muestra en la ecuación 4, donde las variables son coeficientes estequiométricos (a, b, c, d, e, f,) que se desconoce y se

los define en moles que se forman por cada mol del combustible se ha sido consumido; al conocer que se tiene cómo resultado de la combustión las emisiones contaminantes de  $CO_2$ ,  $CO$  y  $HC$  siendo estos los resultados de la combustión se llega a realizar un balance de masa en función del carbono que se presenta en el combustible cómo se muestra en la ecuación 8 y 9.



[8]

$$1 = a + 3c + d \quad [9]$$

Donde:

$m$  = moles de aire consumido por mol de combustible consumido

$a$  = moles formados de  $CO$  por mol de combustible consumido

$b$  = moles formados de  $H_2O$  por mol de combustible consumido

$c$  = moles formados de  $C_3H_6$  por mol de combustible consumido

$d$  = moles formados de  $CO_2$  por mol de combustible consumido

$e$  = moles formados de  $N_2$  por mol de combustible consumido

$f$  = moles formados de  $NO$  por mol de combustible consumido

Las emisiones contaminantes son medidas desde el sistema de escape del vehículo y son analizados correspondientemente a la ecuación 10.

$$d = \frac{1}{R_{CO} + 3R_{HC} + 1} \quad [10]$$

Donde:

$R_{CO}$  = Es la relación de  $CO$  con respecto al  $CO_2$  dado en porcentaje.

$R_{HC}$  = Es la relación de  $HC$  con respecto al  $CO_2$  dado en porcentaje.

El equipo encargado de realizar las respectivas mediciones de gases en todo el tiempo de la prueba del ciclo de manejo IM240 realizando una base de volumen de los resultados de las emisiones en los gases de escape, obteniendo así la relación de la ecuación 5.

En la ecuación 6 se muestra la determinación de los factores de emisión ( $FE_i$ ) (ecuación 11) en unidades de gramos de contaminación por cada kilómetro [ $g/km$ ], el subíndice  $i$  muestra la relación con las emisiones contaminantes anteriormente mencionadas.

$$FE_i = \frac{1}{R_{CO}+3R_{HC}+1} \times \frac{MW_i}{MW_{comb}} \times \rho_{comb} \times c.c.; [g/km]$$

[11]

Donde:

$MW_{comb}$  = Peso molecular equivalente del combustible.

$MW_i$  = Peso molecular equivalente de las emisiones contaminantes.

$\rho_{comb}$  = Densidad del combustible expresado en [ $g/m^3$ ].

$c.c$  = Consumo de combustible por la distancia recorrida expresado en [ $m^3/km$ ].

#### 5.4 Equipo analizador de gases MGT 5

El equipo que se utilizó para analizar y medir los gases fue el analizador automotriz MGT5, el cual tiene como principal función el análisis de  $CO$ ,  $HC$ ,  $CO_2$ ,  $NO$ ,  $O_2$  con el cálculo del valor Lambda. Por medio del uso de una sonda colocada en el sistema de escape se logra analizar las emisiones mencionadas. En la figura 13 se muestra la sonda que es colocada en el sistema de gases de escape del vehículo y en la tabla 4 se muestra los datos técnicos del equipo mencionado.

**Figura 13**

*Sonda de captación de gases de combustión*



*Nota. Tomado de Andrés J, 2016.*

**Tabla 4**

*Datos técnicos del equipo MGT 5.*

<b>MGT 5 :</b>	
Gases medibles	<i>CO, HC, CO<sub>2</sub>, NO, O<sub>2</sub> (Opcional)</i>
Principio de medición espectrometría de infrarrojo	<i>HC, CO, CO<sub>2</sub></i>
Principio de medición detección electroquímica	<i>O<sub>2</sub>, NO</i>
Tiempo de calentamiento	<i>480 s</i>
Índice de flujo	<i>3,5 l/min</i>
la presión de trabajo	<i>0,75 bar – 1,1 bar</i>
Clase de precisión	<i>o (oiml)</i>
Tensión de a bordo	<i>12 v /42v</i>
Alimentación de corriente	<i>1/N/PE 85 V/285 V 50 Hz</i>
Dimensiones totales (La x An x Al)	<i>240 mm x 560 mm x 300 mm</i>
Peso	<i>10 kg</i>
<i>CO</i> - Rango de medición/Exactitud de medición (máx)	<i>0 - 15 % Vol. / 0,01</i>
<i>CO<sub>2</sub></i> - Rango de medición/Exactitud de medición (máx)	<i>0 - 20 % Vol. / 0,01</i>
<i>HC</i> - Rango de medición/Exactitud de medición (máx)	<i>0 - 9999 ppm / 0,1 (Hexan)</i> <i>0 - 20000 ppm / 1 (Propan)</i>
<i>O<sub>2</sub></i> - Rango de medición/Exactitud de medición (máx)	<i>0 - 25 % Vol. / 0,01</i>
Lambda (calculada)	<i>0,5 - 9,99 / 0,01</i>
<i>NO</i> (Opcional) - Rango de medición/Exactitud de medición (máx)	<i>0 - 5000 ppm / 1</i>

## **6. EQUIPOS Y ELEMENTOS UTILIZADOS EN LAS PRUEBAS DE EMISIONES DE GASES MEDIANTE EL CICLO IM240**

A continuación, se enlista en detalle los equipos y elementos que se utilizaron con el objetivo medir para obtener datos acerca de las emisiones contaminantes y el consumo del combustible durante el ciclo de manejo IM240.

### **6.1 Dinamómetro LPS 300**

El dinamómetro se programa con el ciclo que se va a trabajar en las pruebas dinámicas, facilitando así una simulación de marcha del vehículo en ruta logrando así obtener datos de consumo y emisiones contaminantes ya mencionadas en la investigación. En la figura 14 se muestra el vehículo posicionado en el dinamómetro.

**Figura 14**

*Vehículo en el dinamómetro LPS 3000*



### **6.2 Equipo de medición de gases MGT 5**

El equipo MGT 5 como ya se ha mencionado antes ayuda a medir las emisiones contaminantes provenientes de los gases de escape del vehículo durante la prueba realizada, posteriormente los datos serán analizados. En la figura 15 se muestra el equipo en mencionado.

**Figura 15**

*Equipo de medición de gases MGT 5*



### **6.3 Caja de interfaces**

La caja de interfaces (figura 16) es dónde se conecta dispositivos de medición y registrar temperaturas, velocidades del vehículo, en este caso se registra la temperatura del aceite del motor y la velocidad de los rodillos del dinamómetro.

**Figura 16**

*Cajas de interfaces*



*Nota. Tomado de Andrés J, 2016.*

### **6.4 Sonda de medición de la temperatura de aceite**

Esta sonda (figura 17) es la encargada de medir la temperatura del aceite del motor antes de iniciar cada ensayo, el motor debe estar en la temperatura adecuada de servicio y cada prueba debe ser efectuada a la misma temperatura que la anterior.

**Figura 17**

*Sonda de temperatura*



*Nota. Tomado de Andrés J, 2016.*

### **6.5 Sonda de medición de gases de combustión**

La sonda de medición de gases (figura 18) tiene la función de ser el medio por el cual los gases son recolectados y medidos por el equipo MGT 5, dicha sonda es colocada a la salida del sistema de escape del vehículo.

**Figura 18**

*Sonda de medición de gases de combustión*



*Nota. Tomado de Andrés J, 2016.*

### **6.6 ventilador externo para pruebas dinamométricas**

Este ventilador externo (figura 19) es encargado de llevar aire al sistema de refrigeración del vehículo y evitar un sobre calentamiento, es importante en las pruebas de ciclo dinámico y ensayos de torque y potencia ya que el vehículo se encuentra en una misma posición simulando como si el auto estuviera en movimiento requiriendo así tener una mayor aspiración de aire en altas revoluciones. En la tabla 5 se muestra el modelo y los datos técnicos del ventilador universal mencionado.

**Figura 19**

*Ventilador Universal AIR 7/1 LKW*



**Tabla 5**

*Datos técnicos AIR 7/1 LKW*

<b>AIR 7/1 LVK</b>	
Potencia de aire	23000 m <sup>3</sup> /h
Velocidad de aire	98 km/h
Apertura de salida de aire (La x An)	890 mm x 260 mm
Alto de salida de aire	1095 mm
Potencia motriz	7,5 kW
Fusible gG	35 A
Alimentación de corriente	3/N/PE 400 V 50 Hz
Dimensiones totales (La x An x Al)	1620 mm x 700 mm x 1265 mm
Peso	350 kg

### **6.7 Tanque de presión almacenaje de combustible**

Este dispositivo de almacenaje del combustible y presión ayuda a suministrar el combustible al sistema de combustión del vehículo a una cierta presión que será igualada a la de la bomba de combustible del vehículo, la cantidad que llega a almacenar es de 5500 ml y la presión es dada por una bomba manual y se almacena en el tanque al igual que el combustible, al momento de finalizar la prueba del ciclo IM240 se logra medir la cantidad de combustible consumido. En la figura 20 se muestra dicho dispositivo.

**Figura 20**

*Tanque de presión bomba manual LIQUI MOLY*



### **6.8 Matraz de 5000ml**

Este elemento ayuda a medir la cantidad de 5 litros de combustible que son depositados en el tanque, posteriormente de cada prueba se vuelve a llenar dicho elemento con el excedente de combustible en el tanque y lograr así medir el consumo en litros, en la figura 21 se muestra el matraz Erlenmeyer de 5000ml usado en las pruebas de consumo y factores de emisión.

**Figura 21**

*Matraz Erlenmeyer 5000ml*



### **6.9 Probeta de 1000ml**

Este elemento con la capacidad de 1000 ml ayuda a medir el consumo después de

cada ciclo de manejo. En la figura 22 se muestra la probeta utilizada.

**Figura 22**

*Probeta de 1000ml.*



### **6.10 Gasolinas Super ecuatorianas usadas en la investigación**

Los tres distintos tipos de combustibles usados en las pruebas son:

- a) Gasolina Super G-Prix: esta gasolina es vendida y distribuida por la marca PRIMAX en todo el país, su gasolina Super proviene de la empresa EP PETROECUADOR, posteriormente la gasolina G-Prix recibe una serie de aditivos alemanes certificados internacionalmente por la categoría TOP TIER con el objetivo de limpiar, proteger y amentar el octanaje en el combustible brindando así mayor rendimiento, reducir las emisiones contaminantes al ambiente y como la marca señala, ayuda a un mayor ahorro de combustible, la gasolina Super G-Prix tiene 93 octanos.
- b) Gasolina Super EPP: esta Gasolina comercializada en el Ecuador es proporcionada por la empresa pública PETROECUADOR, este combustible es aditivado para obtener un mejor octanaje el cual es de 92 octanos y está normado de acuerdo con la NORMA INEN 935 para gasolinas en el país.
- c) Gasolina Super Evol-T: este combustible es distribuido por la marca TERPEL la cual menciona que su combustible aditivado ayuda a un funcionamiento óptimo del motor, reduce emisiones contaminantes, tiene una fórmula detergente que ayuda al

sistema de inyección, fórmula de antifricción que ayuda a reducir el desgaste de partes críticas del motor y mayor potencia en el motor.

## 7. PROCEDIMIENTO DE ENSAYOS REALIZADOS EN LA INVESTIGACIÓN

En la obtención de datos y resultados durante la investigación acerca del torque, potencia, factores de emisión y consumo promedio de los tres tipos de combustible, se siguió una serie de pasos que ayudarían a obtener dichos ítems.

### 7.1 Tabla de ensayos

En la tabla 6 se enlista los ensayos a realizar con los tres distintos tipos de combustibles en las dos condiciones de manejo del vehículo.

**Tabla 6**

*Ensayos y configuración por cada tipo de combustible*

<b>Tipo de combustible</b>	<b>Configuración</b>	<b>Detalle del ensayo</b>
Gasolina Super G-Prix	Con aire acondicionado	Ensayo de Torque y Potencia
Gasolina Super G-Prix	Con aire acondicionado	Ensayo de Determinación de Factores de emisiones mediante ciclos simulados IM240 en dinamómetro de chasis y consumo promedio
Gasolina Super G-Prix	Sin aire acondicionado	Ensayo de Torque y Potencia
Gasolina Super G-Prix	Sin aire acondicionado	Ensayo de Determinación de Factores de emisiones mediante ciclos simulados IM240 en dinamómetro de chasis y consumo promedio
Gasolina Super Evol-T	Con aire acondicionado	Ensayo de Torque y Potencia
Gasolina Super Evol-T	Con aire acondicionado	Ensayo de Determinación de Factores de emisiones mediante ciclos simulados IM240 en dinamómetro de chasis y consumo promedio
Gasolina Super Evol-T	Sin aire acondicionado	Ensayo de Torque y Potencia
Gasolina	Sin aire acondicionado	Ensayo de Determinación de Factores de emisiones mediante ciclos simulados IM240

Super Evol-T		en dinamómetro de chasis y consumo promedio
Gasolina Super EPP	Con aire acondicionado	Ensayo de Torque y Potencia
Gasolina Super EPP	Con aire acondicionado	Ensayo de Determinación de Factores de emisiones mediante ciclos simulados IM240 en dinamómetro de chasis y consumo promedio
Gasolina Super EPP	Sin aire acondicionado	Ensayo de Torque y Potencia
Gasolina Super EPP	Sin aire acondicionado	Ensayo de Determinación de Factores de emisiones mediante ciclos simulados IM240 en dinamómetro de chasis y consumo promedio

## 7.2 Características técnicas del vehículo

En la tabla 7 se muestra las características técnicas del vehículo, dichos datos son utilizados en la configuración y programación del dinamómetro de chasis antes de cada ensayo.

**Tabla 7**

*Especificaciones técnicas del vehículo*

<b>Marca del vehículo:</b> Chevrolet	<b>Modelo del vehículo:</b> Aveo Emotion 1.6 GLS
<b>Año del Modelo:</b> 2014	<b>Fabricante del chasis:</b> Chevrolet
<b>Potencia (hp / rpm):</b> 104 / 6000	<b>Torque (Nm / rpm):</b> 144.1 / 3600
<b>Cilindrada del motor:</b> 1598	<b>Número de cilindros:</b> 4 Cilindros en línea
<b>Combustible:</b> Gasolina	<b>Posición del motor:</b> Delantero transversal
<b>Peso vehicular en vacío (Kg):</b> 1125	<b>Peso bruto vehicular (Kg):</b> 1535
<b>Tracción vehicular:</b> FWD/4X2	<b>Categoría-Tipo:</b> M1-SEDÁN-SED
<b>Tipo de frenos delanteros:</b> Discos ventilados 256mm	<b>Tipo de frenos traseros:</b> Tambor

*Nota. Chevrolet (2014)*

## 7.3 Pasos utilizados en el ensayo de Determinación de Factores de emisiones mediante ciclos simulados IM240 en dinamómetro de chasis y consumo promedio

Antes de iniciar cada ensayo el motor del vehículo debe estar a la temperatura de servicio, el vehículo se pone en marcha y se da un recorrido de 10 minutos, después se posiciona en el dinamómetro con el vehículo encendido estacionado por 10 minutos.

1. Primero se debe coleccionar el combustible que se va a ensayar, en esta investigación se colecciono tres tipos de combustibles, en la figura 23 se muestra un ejemplo.

**Figura 23**

*Llenado de caneca de combustible para los ensayos*



2. Una vez llenadas las canecas del combustible se marcan para diferenciarlas, en la figura 24 se muestra la manera en la que está diferenciado los tipos de combustible.

**Figura 24**

*Canecas marcadas con el nombre de los combustibles*



3. Colocar el vehículo sobre el dinamómetro y posicionar el ventilador externo (figura 25).

**Figura 25**

*Vehículo posicionado en el dinamómetro*



4. Una vez que el vehículo está posicionado en el dinamómetro, este debe ser anclado para evitar que se mueva de su lugar actual, en la figura 26 se muestra el anclaje con correas a piso y mesas del vehículo.

**Figura 26**

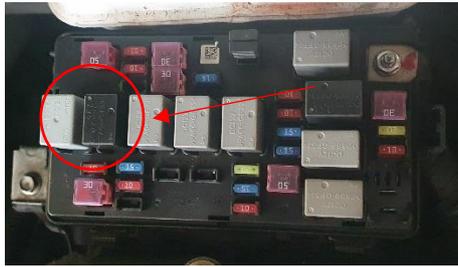
*Vehículo anclado*



5. Desconectar el relé de la bomba de combustible, ya que, la bomba de combustible será deshabilitada durante todos los ensayos. La figura 27 muestra la caja de fusibles y relés del vehículo.

**Figura 27**

*Relé de la bomba de combustible*



6. En la bomba de combustible se desconecta la manguera que envía la gasolina al sistema de combustible (figura 28).

**Figura 28**

*Desconexión de cañería de salida de la bomba de combustible*



7. Se conecta la manguera del tanque de presión a la entrada de combustible en el sistema de combustión (figura 29).

**Figura 29**

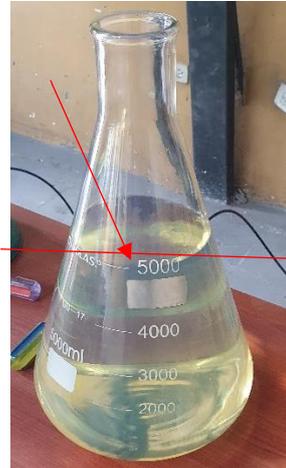
*Tanque de presión conectado al suministro de combustible*



8. En el matraz Erlenmeyer de 5000 ml se llena hasta la marca como en la figura 30.

**Figura 30**

*Matraz lleno de combustible para ensayos*



9. El tanque de presión (figura 31) es llenado con los cinco litros del matraz Erlenmeyer y se le da presión por medio de la bomba manual.

**Figura 31**

*Llenado de tanque con el combustible a ensayar*



10. Se conecta la sonda de temperatura en lugar de la ballesta de medición de aceite de motor.

En la computadora del dinamómetro se ingresan los parámetros necesarios del vehículo antes de iniciar las pruebas. En la figura 32 se muestra un ejemplo del software del dinamómetro.

**Figura 32**

*Pantalla del software en funcionamiento*



11. El dinamómetro se inicia en el ciclo IM240 donde el conductor deberá seguir los parámetros del ciclo (figura 33).

**Figura 33**

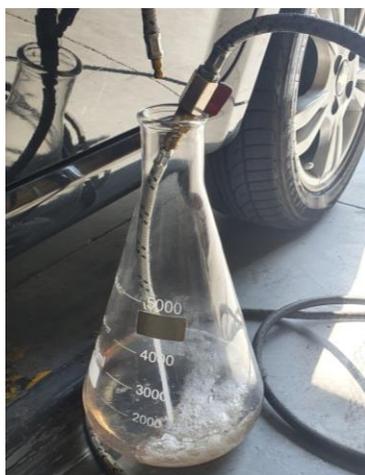
*Ciclo en marcha IM240*



12. Al finalizar el ciclo IM240 el combustible restante del tanque de presión se deposita en el matraz Erlenmeyer 5000 ml (figura 34).

**Figura 34**

*Llenado del matraz con el combustible excedente de la prueba*



13. El matraz de 1000 ml se llena hasta la marca máxima (figura 35) con el combustible de la caneca.

**Figura 35**

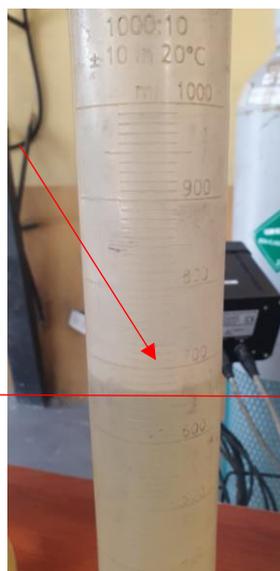
*Matraz llenado hasta 1000ml*



14. Con el excedente del combustible en el matraz de 5000ml se complete a su marca máxima con el matraz llenado con 1000ml de combustible, la cantidad marcada después en el matraz de 1000ml será el consumo (figura 36) en una prueba del ciclo IM240.

**Figura 36**

*Consumo de combustible en un ciclo de manejo*



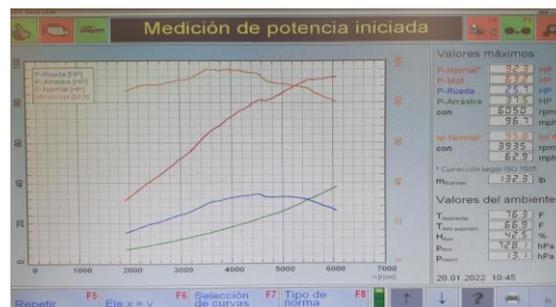
15. Las mediciones de las emisiones contaminantes se realizan continuamente en cada ciclo.

### 7.4 Pasos utilizados en el ensayo de Determinación torque y potencia

Antes de iniciar cada ensayo el motor del vehículo debe estar a la temperatura de servicio, el vehículo se pone en marcha y se da un recorrido de 10 minutos, después se posiciona en el dinamómetro con el vehículo encendido estacionado por 10 minutos.

1. El tanque de presión debe estar lleno con el combustible a ensayar.
2. En el dinamómetro se debe colocar los parámetros técnicos del vehículo que nos solicita, los cuales son: el torque máximo del vehículo y a que revoluciones se da.
3. Iniciar la prueba acelerando el carro hasta llegar a la marcha directa y subir las revoluciones hasta lo que especifica el fabricante logrando así llegar al toque máximo del auto hipotéticamente.
4. Al momento de alcanzar el torque máximo el auto se coloca en neutro y se espera q que termine de girar las ruedas.
5. Una vez terminada la prueba, el software da los resultados cómo se observa figura 37.

**Figura 37**  
*Medición de torque y potencia*



En la figura 38 se muestra el tablero dónde se aprecia cómo el vehículo llega a 6000 rpm que es dónde el fabricante especifica que se obtiene el torque máximo a esas revoluciones en marcha directa, también se observa que la velocidad que llega el vehículo es de 160 km/h.

**Figura 38**

*Tablero de instrumentos*



## 8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

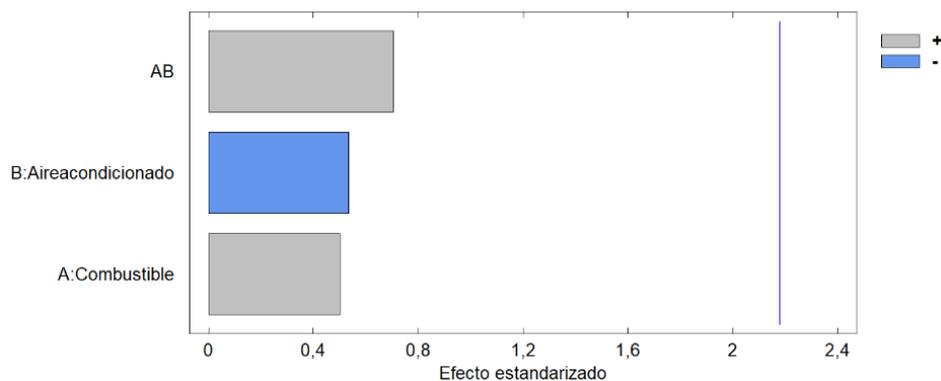
### 8.1 Análisis estadístico del comportamiento de los factores de emisiones

#### 8.1.1 Análisis de los resultados para el Factor de Emisión CO (FCO)

En las figuras C, D y E se representa el diagrama de Pareto, los efectos principales del factor en el FCO y la superficie de respuesta. Según el diagrama de Pareto ninguno de los factores es significativo en el comportamiento del FCO, sin embargo, al analizar el gráfico de los efectos principales cuando se utiliza la gasolina G-Prix y el aire acondicionado se incide en la disminución del FCO, lo cual se corrobora con el gráfico de superficie.

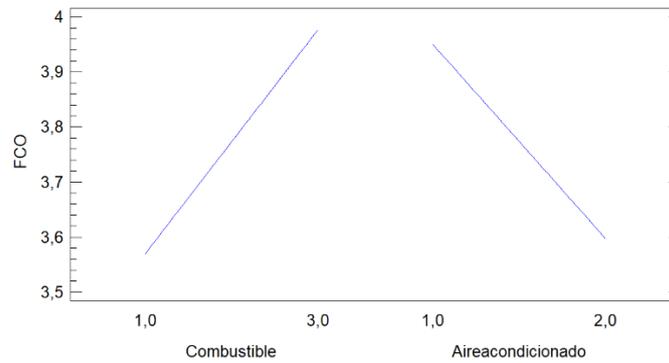
**Figura C**

*Diagrama de Pareto para el FCO*



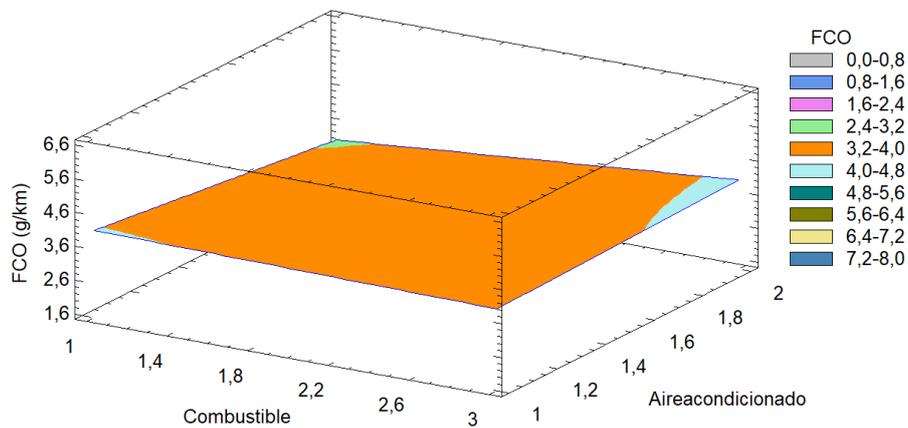
**Figura D**

*Diagrama de Efectos principales para el FCO*



**Figura E**

*Superficie de respuesta para el FCO*



$$FCO = 5,60756 - 0,6525 * \text{Combustible} - 1,49433 * \text{Aire acondicionado} + 0,570667 * \text{Combustible} * \text{Aire acondicionado}$$

En la tabla F y figura G, se representa la prueba de múltiple rango y gráfico de caja y bigotes para la variable dependiente FCO, en la misma se aplica el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher con un nivel del 95,0% de confianza. Se concluye que existe diferencia significativa entre las gasolinas, siendo la Súper G-Prix y la Evol-T la de mejor resultado.

**Tabla F**

*Tratamientos para el análisis de diferencias*

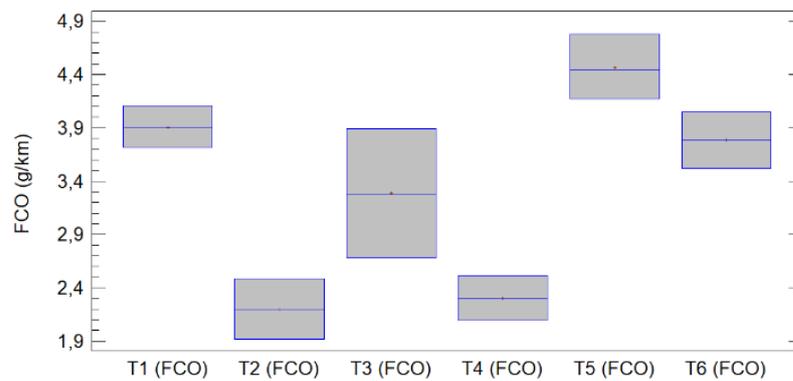
*Significativas*

	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
T2 (FCO)	3	2,20133	X
T4 (FCO)	3	2,30067	X
T3 (FCO)	3	3,28467	X
T6 (FCO)	3	3,785	XX
T1 (FCO)	3	3,90567	XX
T5 (FCO)	3	4,465	X

Nota: Método: 95,0 porcentaje LSD

**Figura G**

*Gráfico comparativo de la Potencia para las distintas gasolinas*

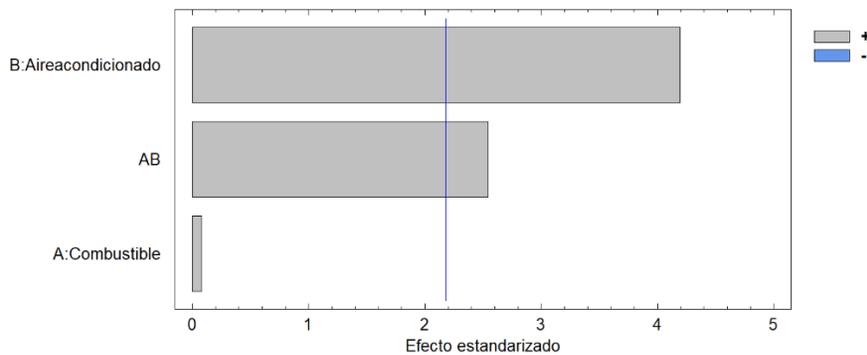


### 8.1.2 Análisis de los resultados para el Factor de Emisión NO<sub>x</sub> (FNO<sub>x</sub>)

En las figuras H, I y J se representa el diagrama de Pareto, los efectos principales del factor en el FNO<sub>x</sub> y la superficie de respuesta. Según el diagrama de Pareto el uso del aire acondicionado y su combinación con el combustible son significativo en el comportamiento del FNO<sub>x</sub>, al analizar el gráfico de los efectos principales se aprecia como el combustible por si solo no incide en el FNO<sub>x</sub>, en el gráfico de superficie de respuesta los menores valores de FNO<sub>x</sub> se obtienen para la Súper EPP sin aire acondicionado.

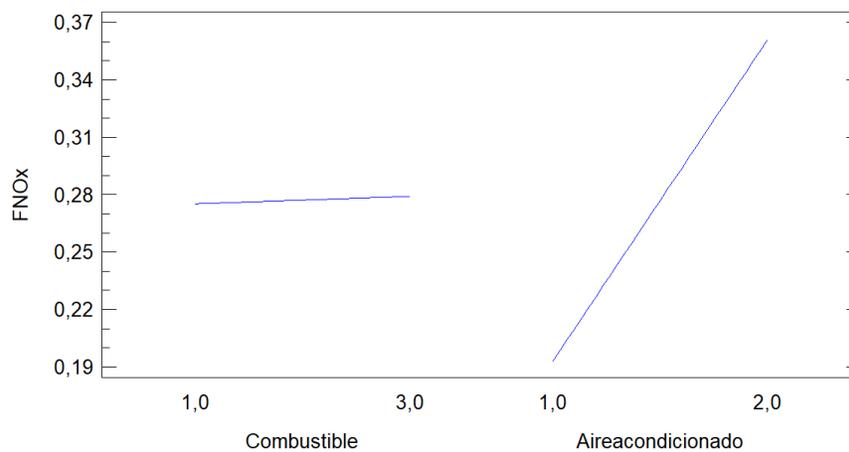
**Figura H**

*Diagrama de Pareto para el FNO<sub>x</sub>*



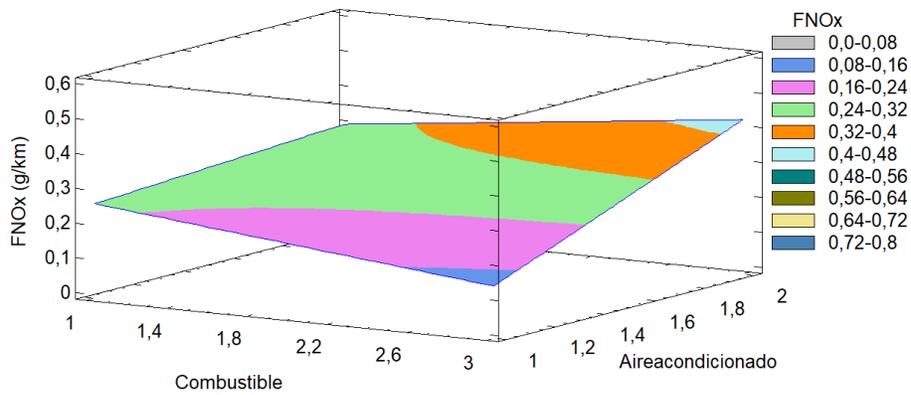
**Figura I**

*Diagrama de Efectos principales para el FNO<sub>x</sub>*



**Figura J**

*Superficie de respuesta para el FNOx*



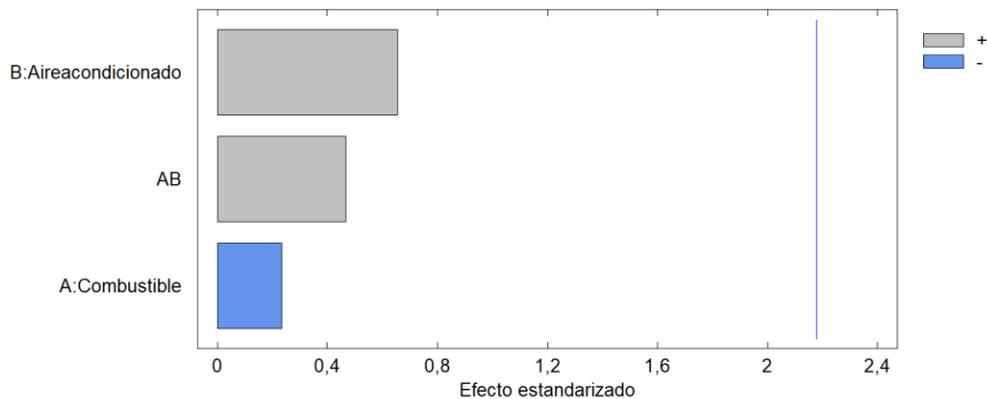
$$FNOx = 0,395667 - 0,185333 * Combustible - 0,0815556 * Aire acondicionado + 0,124833 * Combustible * Aire acondicionado$$

### 8.1.3 Análisis de los resultados para el Factor de Emisión HC (FHC)

En las figuras K, M y N se representa el diagrama de Pareto, los efectos principales del factor en el FHC y la superficie de respuesta. Según el diagrama de Pareto ninguno de los factores es significativo en el comportamiento del FHC, sin embargo, al analizar el gráfico de los efectos principales cuando se utiliza la gasolina Gprix sin el aire acondicionado se incide en la disminución del FHC, lo cual se corrobora con el gráfico de superficie de respuesta.

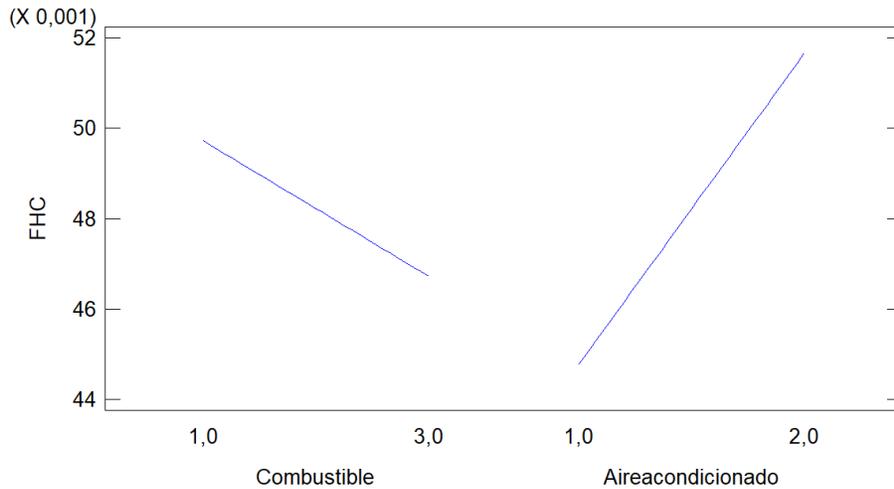
**Figura K**

*Diagrama de Pareto para el FHC*



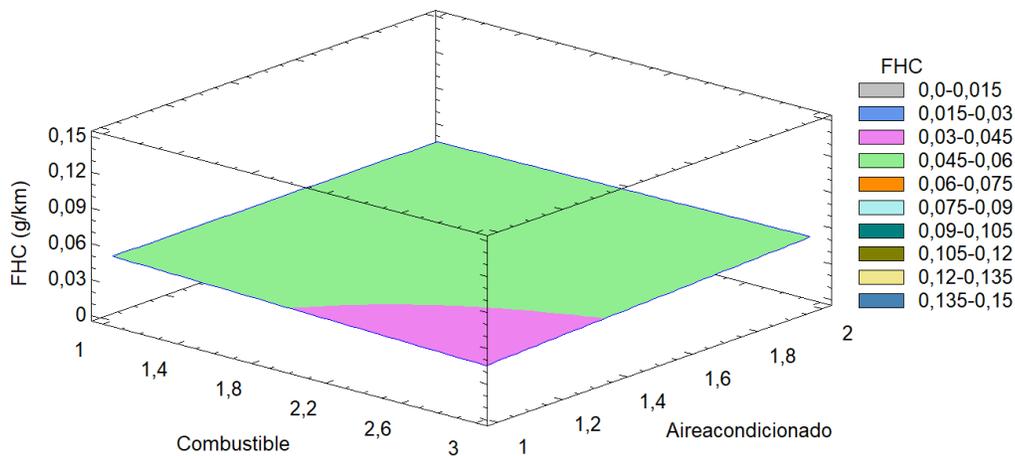
**Figura M**

*Diagrama de Efectos principales para el FHC*



**Figura N**

*Superficie de respuesta para el FHC*



$$FHC = 0,0588889 - 0,0105 * Combustible - 0,00511111 * Aire acondicionado + 0,006 * Combustible * Aire acondicionado$$

A continuación, se muestran los resultados obtenidos por el ensayo de los tres distintos tipos de combustible Super G-Prix, Super EPP y Super Evol-T, los cuales se ensayaron bajo dos parámetros, el primero es los ensayos con el aire acondicionado apagado “OFF” y el segundo con el aire acondicionado encendido “ON”, donde los ensayos consistían en ver cómo afecta al rendimiento del motor y obtener resultados de Torque, Potencia, Emisiones

contaminantes, Factores de emisión y Consumo promedio de los combustibles mencionados.

La tabla 8 es utilizada para comparar los resultados obtenidos con los parámetros establecidos por el fabricante y determinar así que diferencia existe y en qué porcentaje en lo referido a torque y potencia.

**Tabla 8**

*Especificaciones técnicas del vehículo (Chevrolet 2014)*

<b>Marca del vehículo:</b> Chevrolet	<b>Modelo del vehículo:</b> Aveo Emotion 1.6 GLS
<b>Año del Modelo:</b> 2014	<b>Fabricante del chasis:</b> Chevrolet
<b>Potencia (hp / rpm):</b> 104 / 6000	<b>Torque (Nm / rpm):</b> 144.1 / 3600
<b>Cilindrada del motor:</b> 1598	<b>Número de cilindros:</b> 4 Cilindros en línea
<b>Combustible:</b> Gasolina	<b>Posición del motor:</b> Delantero transversal
<b>Peso vehicular en vacío (Kg):</b> 1125	<b>Peso bruto vehicular (Kg):</b> 1535
<b>Tracción vehicular:</b> FWD/4X2	<b>Categoría-Tipo:</b> M1-SEDÁN-SED
<b>Tipo de frenos delanteros:</b> Discos ventilados 256mm	<b>Tipo de frenos traseros:</b> Tambor

## 8.2 Resultados de la gasolina Super G-Prix

### 8.2.1 Resultados de la gasolina Super G-Prix sin aire acondicionado “OFF”

En la tabla 9 y 10 se muestra los resultados obtenidos de tres ensayos de torque y potencia con el combustible Super G-Prix y el aire acondicionado apagado “OFF”, donde: se obtuvo como torque promedio de 140,63 (Nm) y una potencia promedio de 97,7 (hp), comparando los resultados con los parámetros del fabricante se tiene una diferencia de 6.3 hp representado un -6,05 % a los 104 hp (fabricante) y 3,47 (Nm) representando un -2,34% a los 144 Nm ( fabricante).

**Tabla 9**

*Resultados de Potencia ensayos sin aire acondicionado “OFF”, Gasolina Super G-Prix*

Prueba	Super G-Prix		
	kW	hp	RPM
#1	72.4	97.1	6000
#2	73.3	98.3	6055

	#3	72.9	97.7	6080
<b>Tabla</b>	<b>Promedio</b>	72.87	97.7	6045

10

*Resultados de Torque ensayos sin aire acondicionado “OFF, Gasolina Super G-Prix*

<b>Super G-Prix</b>			
<b>Prueba</b>	<b>Nm</b>	<b>lbf*ft</b>	<b>RPM</b>
#1	138.6	102.2	3675
#2	141.3	104.2	3715
#3	140	104.7	3735
<b>Promedio</b>	140.63	103.7	3708.33

En la tabla 11 se muestra los factores de emisiones en pruebas del ciclo dinámico IM240 y en la tabla 12 nos muestra el consumo promedio en tres ciclos de manejo obteniendo así un consumo de 0,263 (litros) con el combustible Super G-Prix y el aire acondicionado apagado “OFF”.

**Tabla 11**

Factores de emisión *en ensayos sin aire acondicionado “OFF”, Gasolina Super G-Prix*

<i>FCO (g/km)</i>	3,9
<i>FHC (g/km)</i>	0,044
<i>FNO<sub>x</sub> (g/km)</i>	0,251

**Tabla 12**

*Consumo en ensayos sin aire acondicionado “OFF”, Gasolina Super G-Prix*

<b>Prueba</b>	<b>Litros/3,2 Km</b>
#1	0,28
#2	0,26
#3	0,25
<b>Promedio</b>	0,263

**8.2.2 Resultados de la gasolina Super G-Prix con aire acondicionado “ON”**

En la tabla 13 y 14 se muestra los resultados obtenidos de tres ensayos de torque y potencia con el combustible Super G-Prix y el aire acondicionado encendido “ON”, donde: se obtuvo como torque promedio de 133,8 (Nm) y una potencia promedio de 94,4 (hp),

comparando los resultados con los parámetros del fabricante se tiene una diferencia de 9,6 *hp* representado un  $-9,23\%$  a los 104 *hp* (fabricante) y 10,2 (*Nm*) representando un  $-7,08\%$  a los 144 *Nm* (fabricante).

**Tabla 13**

*Resultados de Potencia ensayos con aire acondicionado “ON”, Gasolina Super G-Prix*

<b>Super G-Prix</b>			
<b>Prueba</b>	<b>kW</b>	<b>hp</b>	<b>RPM</b>
#1	70,6	94,7	6075
#2	70,2	94,1	6065
#3	70,3	94,3	6060
<b>Promedio</b>	70,37	94,37	6066,67

**Tabla 14**

*Resultados de Torque ensayos con aire acondicionado “ON”, Gasolina Super G-Prix*

<b>Super G-Prix</b>			
<b>Prueba</b>	<b>Nm</b>	<b>lbf*ft</b>	<b>RPM</b>
#1	131,5	97	3920
#2	134,4	99,1	3875
#3	135,6	100	3915
<b>Promedio</b>	133,83	98,7	3903,3

En la tabla 15 se muestra los factores de emisiones en pruebas del ciclo dinámico IM240 y en la tabla 16 nos muestra el consumo promedio en tres ciclos de manejo obteniendo así un consumo de 0.29 (litros) con el combustible Super G-Prix y el aire acondicionado apagado “OFF”.

**Tabla 15**

*Factores de emisión en ensayos con aire acondicionado “ON”, Gasolina Super G-Prix*

<i>FCO</i> (g/km)	2,2
<i>FHC</i> (g/km)	0,044
<i>FNO<sub>x</sub></i> (g/km)	0,277

**Tabla 16**

*Consumo en ensayos con aire acondicionado “ON”, Gasolina Super G-Prix*

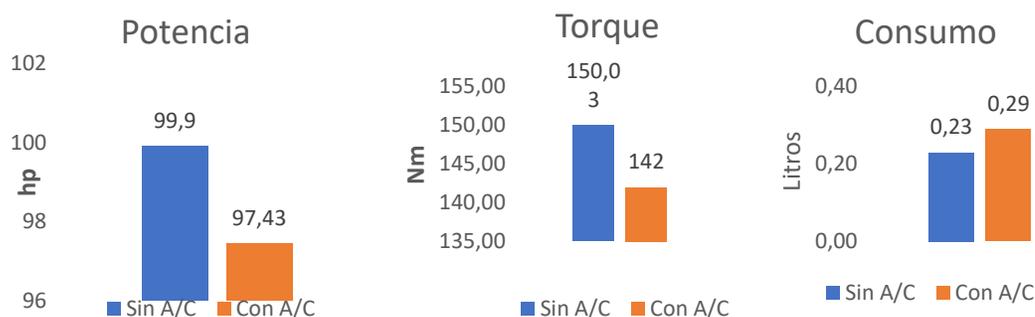
<b>Prueba</b>	<b>Litros</b>
#1	0,29
#2	0,31
#3	0,28
<b>Promedio</b>	<b>0,29</b>

### 8.2.3 Comparación de resultados con la gasolina Super G-Prix entre A/C “ON” y “OFF”

En la figura 39 se muestra las gráficas comparativas entre potencia, torque y consumo promedio con pruebas con el aire acondicionado apagado “OFF” y encendido “ON”, pruebas ensayadas con el combustible Super G-Prix, donde se puede apreciar que el uso del aire acondicionado reduce la potencia y el torque del vehículo provocando un aumento del consumo del combustible como ya se ha mencionado en apartados anteriores en esta investigación, el uso del aire acondicionado si supone un aumento del consumo de combustible y una disminución en la potencia al tener que abastecer la potencia requerida por compresor del aire acondicionado.

**Figura 39**

*Gráficas comparativas aire acondicionado “ON” y “OFF” Super G-Prix*



En la tabla 17 se muestra la diferencia entre los ensayos con aire y sin aire acondicionado donde se observa que en el uso de aire acondicionado en la mayoría de

parámetros analizados existe un aumento, en el caso de el factor de emisión (*FHC*) se mantiene estable, esto se debe por los aditivos del combustible que hacen posible que la gasolina se pueda quemar en su mayor parte, se logra apreciar que hay una disminución del factor de emisión (*FCO*), esto de igual manera es producto de los aditivos usados en este combustible, en los parámetros analizados de factores de emisión y consumo existe un aumento y en potencia y torque existe una disminución.

**Tabla 17**

*Diferencia de resultados con la gasolina Super G-Prix entre A/C “ON” y “OFF”*

<b>Diferencia</b>		
Potencia	-3,33	hp
Torque	-6,8	Nm
FCO	-1,198	g/km
FHC	0	g/km
FNOX	+0,026	g/km
Consumo	+0,027	Litros

### **8.3.1 Resultados de la gasolina Super Evol-T sin aire acondicionado “OFF”**

En la tabla 18 y 19 se muestra los resultados obtenidos de tres ensayos de torque y potencia con el combustible Super Evol-T y el aire acondicionado apagado “OFF”, donde: se obtuvo como torque promedio de 142.93 (*Nm*) y una potencia promedio de 99.8 (*hp*), comparando los resultados con los parámetros del fabricante se tiene una diferencia de 4.2 *hp* representado un  $-4.04\%$  a los 104 *hp* (fabricante) y 1.07(*Nm*) representando un  $-0.74\%$  a los 144 *Nm* ( fabricante).

**Tabla 18**

*Resultados de Potencia ensayos sin aire acondicionado “OFF”, Gasolina Super Evol-T*

	Super	Evol-T	
<b>Prueba</b>	<b>kW</b>	<b>hp</b>	<b>RPM</b>
#1	73	97,9	6080
#2	75,7	101,5	6065
#3	74,7	100,1	6060
<b>Promedio</b>	<b>74,5</b>	<b>99,8</b>	<b>6068,3</b>

**Tabla 19**

*Resultados de Torque ensayos sin aire acondicionado “OFF”, Gasolina Super Evol-T*

	Super	Evol-T	
<b>Prueba</b>	<b>Nm</b>	<b>lbf*ft</b>	<b>RPM</b>
#1	142,4	105	3930
#2	143,2	105,6	3735
#3	143,2	105,6	3920
<b>Promedio</b>	<b>142,93</b>	<b>105,4</b>	<b>3861,67</b>

En la tabla 20 se muestra los factores de emisiones en pruebas del ciclo dinámico IM240 y en la tabla 21 nos muestra el consumo promedio en tres ciclos de manejo obteniendo así un consumo de 0,260 (litros) con el combustible Super Evol-T y el aire acondicionado apagado “OFF”.

**Tabla 20**

*Factores de emisión en ensayos sin aire acondicionado “OFF”, Gasolina Super Evol-T*

<i>FCO</i> (g/km)	3,28
<i>FHC</i> (g/km)	0,055
<i>FNO<sub>x</sub></i> (g/km)	0,198

**Tabla 21**

*Consumo en ensayos sin aire acondicionado “OFF”, Gasolina Super Evol-T*

<b>Prueba</b>	<b>Litros</b>
#1	0,26
#2	0,26
#3	0,26
<b>Promedio</b>	<b>0,260</b>

### 8.3.2 Resultados de la gasolina Super Evol-T con aire acondicionado “ON”

En la tabla 22 y 23 se muestra los resultados obtenidos de tres ensayos de torque y potencia con el combustible Super G-Evol-T y el aire acondicionado encendido “ON”, donde: se obtuvo como torque promedio de 137.03 (Nm) y una potencia promedio de 95.4 (hp), comparando los resultados con los parámetros del fabricante se tiene una diferencia de 8.6 hp representado un -8.27 % a los 104 hp (fabricante) y 6.97 (Nm) representando un -4.84% a los 144 Nm ( fabricante).

**Tabla 22**

*Resultados de Potencia ensayos con aire acondicionado “ON”, Gasolina Super Evol-T*

<b>Super Evol-T</b>			
<b>Prueba</b>	<b>kW</b>	<b>hp</b>	<b>RPM</b>
#1	70,7	94,9	6040
#2	71,2	95,4	6045
#3	71,4	95,8	6050
<b>Promedio</b>	71,1	95,4	6045

**Tabla 23**

*Resultados de Torque ensayos con aire acondicionado “ON”, Gasolina Super Evol-T*

<b>Super Evol-T</b>			
<b>Prueba</b>	<b>Nm</b>	<b>lbf*ft</b>	<b>RPM</b>
#1	131,9	97,3	3940
#2	138,2	101,9	3935
#3	141	104	3840
<b>Promedio</b>	137,03	101,07	3905

En la tabla 24 se muestra los factores de emisiones en pruebas del ciclo dinámico IM240 y en la tabla 25 nos muestra el consumo promedio en tres ciclos de manejo obteniendo así un consumo de 0.307 (litros) con el combustible Super Evol-T y el aire acondicionado apagado

**Tabla 24**

*Factores de emisión en ensayos con aire acondicionado “ON”, Gasolina Super Evol-T*

<i>FCO</i> (g/km)	2,3
<i>FHC</i> (g/km)	0,064
<i>FNO<sub>x</sub></i> (g/km)	0,402

**Tabla 25**

*Consumo en ensayos con aire acondicionado “ON”, Gasolina Super Evol-T*

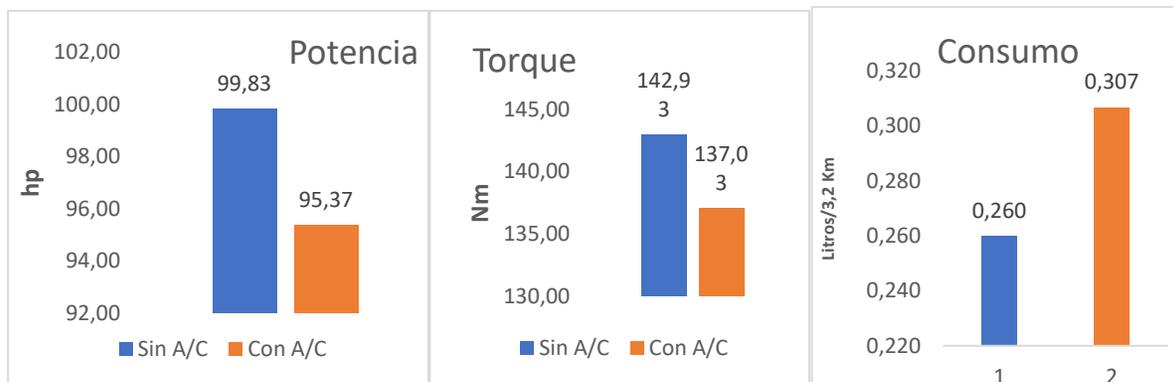
<b>Prueba</b>	<b>Litros/3,2 Km</b>
#1	0,32
#2	0,29
#3	0,31
<b>Promedio</b>	<b>0,307</b>

### 8.3.3 Comparación de resultados con la gasolina Super Evol-T entre A/C “ON” y “OFF”

En la figura 40 se muestra las gráficas comparativas entre potencia, torque y consumo promedio con pruebas con el aire acondicionado apagado “OFF” y encendido “ON”, pruebas ensayadas con el combustible Super Evol-T, donde se puede apreciar que el uso del aire acondicionado reduce la potencia y el torque del vehículo provocando un aumento del consumo del combustible.

**Figura 40**

*Gráficas comparativas aire acondicionado “ON” y “OFF” Super Evol-T*



En la tabla 26 se muestra la diferencia entre los ensayos con aire y sin aire acondicionado donde se observa que en el uso de aire acondicionado en los parámetros analizados de factores de emisión y consumo existe un aumento y en potencia y torque existe una disminución.

**Tabla 26**

*Diferencia de resultados con la gasolina Super Evol-T entre A/C “ON” y “OFF”*

	<b>Diferencia</b>	
Potencia	-4,47	hp
Torque	-5,9	Nm
FCO	+0,196	g/km
FHC	+0,009	g/km
FNOX	+0,204	g/km
Consumo	+0,047	Litros

#### **8.4.1 Resultados de la gasolina Super EPP sin aire acondicionado “OFF”**

En la tabla 27 y 28 se muestra los resultados obtenidos de tres ensayos de torque y potencia con el combustible Super EPP y el aire acondicionado apagado “OFF”, donde: se obtuvo como torque promedio de 150.03 (Nm) y una potencia promedio de 99.9 (hp), comparando los resultados con los parámetros del fabricante se tiene una diferencia de 4.1 hp representando un -3.94 % a los 104 hp (fabricante) y 6.03(Nm) representando un +4.18% a los 144 Nm ( fabricante) resultando en un aumento del torque.

**Tabla 27**

*Resultados de Potencia ensayos sin aire acondicionado “OFF”, Gasolina Super EPP*

	<b>Super EPP</b>		
<b>Prueba</b>	<b>kW</b>	<b>hp</b>	<b>RPM</b>
#1	75,3	101	6040
#2	73,9	99,1	5380
#3	74,2	99,6	5930
<b>Promedio</b>	74,5	99,9	5783,3

**Tabla 28**

*Resultados de Torque ensayos sin aire acondicionado “OFF”, Gasolina Super EPP*

	<b>Super EPP</b>		
<b>Prueba</b>	<b>Nm</b>	<b>lbf*ft</b>	<b>RPM</b>
#1	151,3	11,6	3870
#2	149,5	110,3	3725
#3	149,3	110,1	3635
<b>Promedio</b>	150,03	77,3	3743,3

En la tabla 29 se muestra los factores de emisiones en pruebas del ciclo dinámico IM240 y en la tabla 30 nos muestra el consumo promedio en tres ciclos de manejo obteniendo así un consumo de 0.23 (litros) con el combustible Super EPP y el aire acondicionado apagado.

**Tabla 29**

*Factores de emisión en ensayos sin aire acondicionado “OFF”, Gasolina Super EPP*

<i>FCO</i> (g/km)	4,465
<i>FHC</i> (g/km)	0,035
<i>FNO<sub>x</sub></i> (g/km)	0,13

**Tabla 30**

*Consumo en ensayos sin aire acondicionado “OFF”, Gasolina Super EPP*

<b>Prueba</b>	<b>Litros/3,2 Km</b>
#1	0,21
#2	0,24
#3	0,24
<b>Promedio</b>	0,23

#### **8.4.2 Resultados de la gasolina Super EPP con aire acondicionado “ON”**

En la tabla 31 y 32 se muestra los resultados obtenidos de tres ensayos de torque y potencia con el combustible Super EPP y el aire acondicionado encendido “ON”, donde: se obtuvo como torque promedio de 142 (Nm) y una potencia promedio de 97.4 (hp),

comparando los resultados con los parámetros del fabricante se tiene una diferencia de 6.6 *hp* representado un  $-6.35\%$  a los 104 *hp* (fabricante) y 2 (*Nm*) representando un  $-1.38\%$  a los 144 *Nm* (fabricante).

**Tabla 31**

*Resultados de Potencia ensayos con aire acondicionado "ON", Gasolina Super EPP*

<b>Super EPP</b>			
<b>Prueba</b>	<b>kW</b>	<b>hp</b>	<b>RPM</b>
#1	72,2	96,8	6060
#2	71,7	97,5	6055
#3	73,1	98	6065
<b>Promedio</b>	72,3	97,4	6060

**Tabla 32**

*Resultados de Torque ensayos con aire acondicionado "ON, Gasolina Super EPP*

<b>Super EPP</b>			
<b>Prueba</b>	<b>Nm</b>	<b>lbf*ft</b>	<b>RPM</b>
#1	139,2	102,7	3885
#2	144,8	106,8	3945
#3	142	104,7	3945
<b>Promedio</b>	142	104,7	3925

En la tabla 33 se muestra los factores de emisiones en pruebas del ciclo dinámico IM240 y en la tabla 34 nos muestra el consumo promedio en tres ciclos de manejo obteniendo así un consumo de 0.29 (litros) con el combustible Super EPP y el aire acondicionado encendido.

**Tabla 33**

*Factores de emisión en ensayos con aire acondicionado "ON", Gasolina Super EPP*

<i>FCO</i> (g/km)	3,78
<i>FHC</i> (g/km)	0,047
<i>FNO<sub>x</sub></i> (g/km)	0,405

**Tabla 34**

*Consumo en ensayos con aire acondicionado “ON”, Gasolina Super EPP*

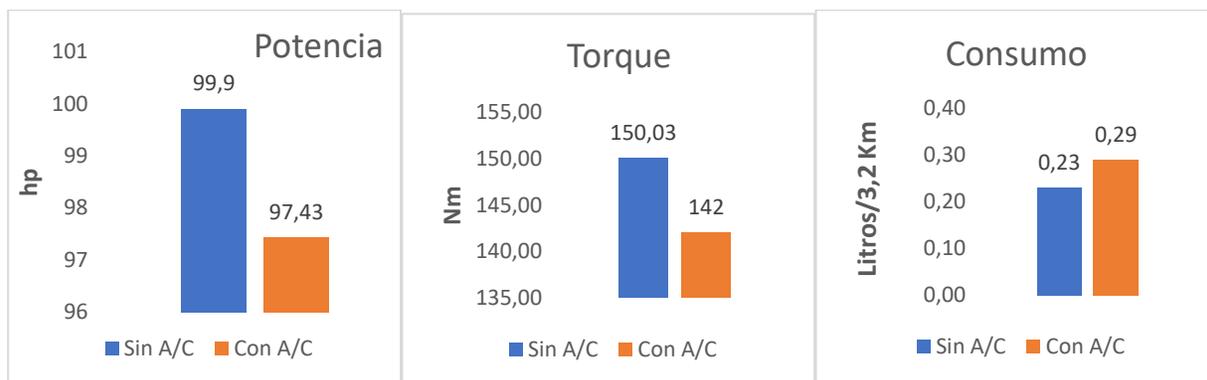
Prueba	Litros/3,2 Km
#1	0,29
#2	0,3
#3	0,28
<b>Promedio</b>	<b>0,29</b>

### 8.4.3 Comparación de resultados con la gasolina Super EPP sin entre A/C “ON” y “OFF”

En la figura 41 se muestra las gráficas comparativas entre potencia, torque y consumo promedio con pruebas con el aire acondicionado apagado “OFF” y encendido “ON”, pruebas ensayadas con el combustible Super Evol-T, donde se puede apreciar que el uso del aire acondicionado reduce la potencia y el torque del vehículo provocando un aumento del consumo del combustible.

**Figura 41**

*Gráficas comparativas aire acondicionado “ON” y “OFF” Super EPP*



En la tabla 35 se muestra la diferencia entre los ensayos con aire y sin aire acondicionado donde se observa que en el uso de aire acondicionado en los parámetros analizados de factores de emisión y consumo existe un aumento y en potencia y torque existe una disminución.

**Tabla 35**

*Diferencia de resultados con la gasolina Super Evol-T entre A/C “ON” y “OFF”*

<b>Diferencia</b>		
Potencia	-2,47	hp
Torque	-8,03	Nm
FCO	0,056	g/km
FHC	0,012	g/km
FNOX	0,275	g/km
Consumo	0,06	Litros

## 8.5 Resultados comparados entre los tres combustibles

### 8.5.1 Comparación de gasolinas con el aire acondicionado apagado “OFF”

En la tabla 36 se muestra la comparación de los resultados entre los tres combustibles ensayados sin el aire acondicionado apagado “OFF”, donde se observa que la potencia (hp) entre la gasolina super EPP y Evol-T son similares al igual que el factor de emisión FCO se muestra mayor en G-Prix y EPP, el consumo se encuentra casi en un mismo rango los tres combustibles.

**Tabla 36**

*Comparación sin aire acondicionado “OFF”*

<b>GASOLINA</b>	<b>POTENCIA(hp)</b>	<b>TORQUE(Nm)</b>	<b>FCO(g/km)</b>	<b>Consumo (Litros/3.2Km)</b>
SUPER G-PRIX	97,7	140,6	4,629	0,263
SUPER EPP	99,9	150,03	4,465	0,23
SUPER EVOL-T	99,8	142,9	3,28	0,26

En la tabla 37 se muestra el valor máximo torque 150.03 (Nm) y potencia 99.9 (hp) por parte de la gasolina Super EPP siendo estos resultados positivos por parte de dicho combustible en lo referido al rendimiento del motor, valores mínimos en torque 140.63 (Nm) y potencia 97.7 (hp) siendo estos resultados considerados negativos entre los tres combustibles. En el consumo se tiene un valor máximo de 0.263 (litros) en la gasolina Super

G-Prix y uno mínimo en Super EPP 0.23 (litros). Siendo algo positivo para la que tiene un menor consumo y uno negativo para la de mayor consumo.

**Tabla 37**

*Resultados máximos y mínimos entre los tres combustibles sin aire acondicionado “OFF”*

GASOLINA	POTENCIA(hp)	TORQUE(Nm)	FCO(g/Km)	Litros/3,2 Km
Máximo	99,9	150,03	4,629	0,263
Mínimo	97,7	140,63	3,28	0,23

### 8.5.2 Comparación de gasolinas con el aire acondicionado encendido “ON”

En la tabla 38 se muestra la comparación de los resultados entre los tres combustibles ensayados sin el aire acondicionado encendido “ON”, donde se observa que la potencia (hp) entre la gasolina super G-Prix y Evol-T son similares a, el consumo se encuentra casi en un mismo rango los tres combustibles, el factor de emisión FCO varía en los tres combustibles.

**Tabla 38**

*Comparación con aire acondicionado “ON”*

GASOLINA	POTENCIA(hp)	TORUQE(Nm)	FCO(g/Km)	Consumo (Litros/3.2Km)
SUPER G-PRIX	94,4	133,8	3,431	0,29
SUPER EPP	97,4	142	3,78	0,29
SUPER EVOL-T	95,37	137,03	2,3	0,307

En la tabla 39 se muestra el valor máximo torque 142 (Nm) y potencia 97.43 (hp) por parte de la gasolina Super EPP siendo estos resultados positivos por parte de dicho combustible en lo referido al rendimiento del motor, valores mínimos en torque 133.83 (Nm) y potencia 94.4 (hp) siendo estos resultados considerados negativos entre los tres combustibles. En el consumo se tiene un valor máximo de 0.31 (litros) en la gasolina Super Evol-T y uno mínimo en Super EPP 0.29 (litros). Siendo algo positivo para la que tiene un menor consumo y uno negativo para la de mayor consumo.

**Tabla 39**

*Resultados máximos y mínimos entre los tres combustibles con aire acondicionado “ON”*

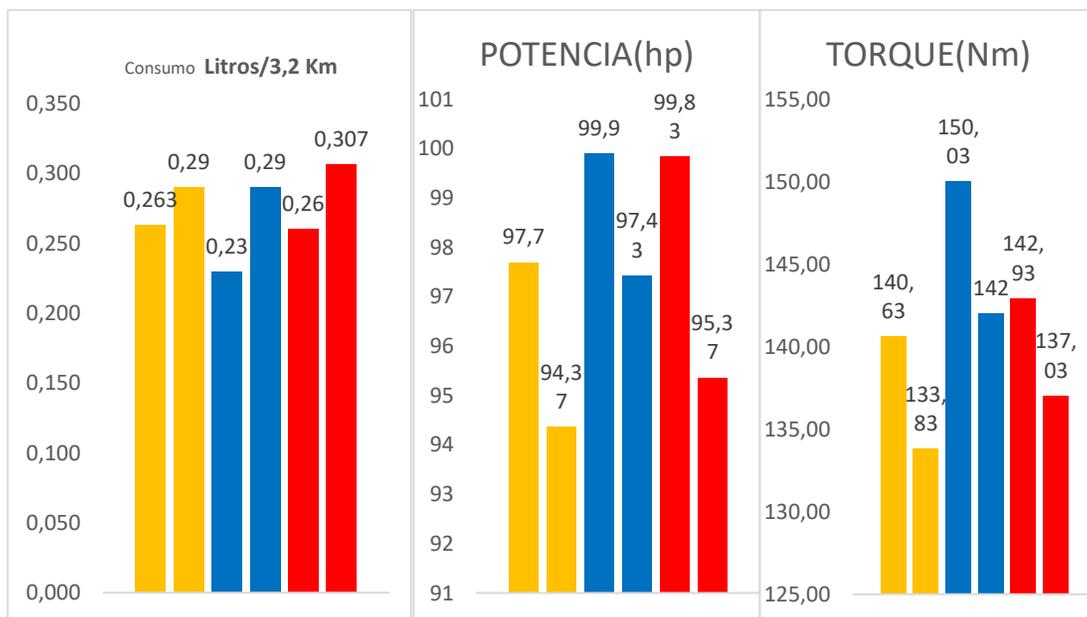
GASOLINA	POTENCIA(hp)	TORUQE(Nm)	FCO(g/Km)	Litros/3,2 Km
Máximo	97,43	142,00	4,41	0,31
Mínimo	94,4	133,83	2,95	0,29

**8.5.3 Gráficas comparativas entre los combustibles con y sin aire acondicionado.**

En la figura 42 y 43 se muestra una comparación entre los tres combustibles durante las pruebas de ciclo de manejo IM240 en resultados de consumo, potencia y torque en las pruebas dinamométricas, las barras amarillas representan la gasolina Super G-Prix, las barras azules son Super EPP y las barras rojas Super Evol-T, los resultados están representados en barras de dos pares por cada tipo de combustible, empezando por la primera barra de un par en ser el resultado en el ensayo sin aire acondicionado apagado “OFF” y el segundo par de barras representado los resultados en los ensayos con el aire acondicionado encendido “ON”.

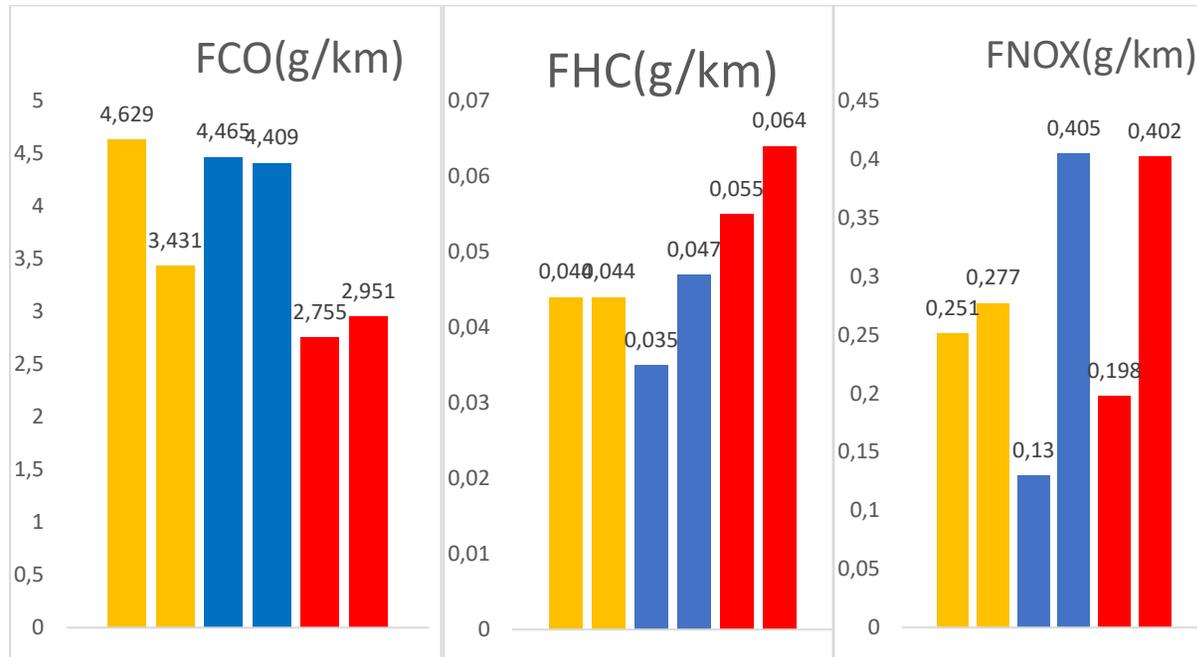
**Figura 42**

*Gráficas comparativas entre los combustibles con y sin aire acondicionado*



**Figura 43**

*Gráficas comparativas entre los combustibles con y sin aire acondicionado*



### 8.6 comparación de resultados FCO, FHC, FNOX con otras investigaciones

En la tabla X se muestra los resultados de la investigación junto a investigaciones anteriormente realizadas dónde se muestra una comparación con los límites permitidos de emisiones contaminantes en vehículos livianos categoría M según la Norma Técnica Ecuatoriana 2017.

**Tabla X**

*Comparación entre límites máximos de emisiones en el uso de gasolina pruebas dinámicas NTE INEN 2204 comparado con resultados obtenidos sin A/C*

	CO g/km	HC g/km	NOx g/km
<b>Norma INEN 2204</b>	2,3	0,2	0,15
<b>Super G-Prix</b>	3,9	0,044	0,251
<b>Super Evol-T</b>	3,28	0,055	0,198
<b>Super EPP</b>	4,465	0,035	0,13
<b>Extra</b>	2,805	0,026	0,026

*Nota.* Los resultados de la norma INEN 2204 fueron obtenidos por la Norma Técnica Ecuatoriana mediante pruebas dinámicas; Los resultados de la gasolina Extra se tomaron de la investigación de Daniel Puebla en "EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO SUZUKI SZ EN CICLOS DE

*CONDUCCIÓN DINAMOMÉTRICOS” 2021. “EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO SUZUKI SZ EN CICLOS DE CONDUCCIÓN DINAMOMÉTRICOS” 2021.*

En la tabla Y se muestra los resultados de la investigación junto a investigaciones anteriormente realizadas dónde se muestra una comparación con los límites permitidos de emisiones contaminantes en vehículos livianos categoría M según la Norma Técnica Ecuatoriana 2017.

**Tabla Y**

*Comparación entre límites máximos de emisiones en el uso de gasolina pruebas dinámicas NTE INEN 2204 comparado con resultados obtenidos con A/C*

	<b>CO g/km</b>	<b>HC g/km</b>	<b>NOx g/km</b>
<b>Norma INEN 2204</b>	2,3	0,2	0,15
<b>Super G-Prix</b>	2,2	0,044	0,277
<b>Super Evol-T</b>	2,3	0,064	0,402
<b>Super EPP</b>	3,78	0,047	0,405
<b>Extra</b>	3,587	0.062	0,048

*Nota.* Los resultados de la norma INEN 2204 fueron obtenidos por la Norma Técnica Ecuatoriana mediante pruebas dinámicas; Los resultados de la gasolina Extra se tomaron de la investigación de Daniel Puebla en *“EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO SUZUKI SZ EN CICLOS DE CONDUCCIÓN DINAMOMÉTRICOS” 2021.*

**9. CONCLUSIONES**

El uso del del aire acondicionado en el vehículo como se ha demostrado en la investigación supone un aumento del consumo de combustible, afecta al rendimiento del motor en una mínima reducción de Torque y Potencia, todo esto es proporcional al tipo de combustible que usemos, ya que, ciertas gasolinas por el tipo de aditivos que usan pueden beneficiar unas mejores que otras en los parámetros de rendimiento, consumo y emisiones contaminantes.

La comparación entre los tres combustibles referido al rendimiento del motor sin el uso del aire acondicionado se ha determinado que la gasolina Super EPP obtuvo mejores resultados en Torque y Potencia que el resto, de igual manera con el uso del aire

acondicionado este combustible continúa siendo la mejor opción. La gasolina Super EPP se encuentra con acumulación de emisiones media relacionados a los otros combustible, esto nos muestra que sus componentes estabilizadores aditivos y demás agregados por parte de su lugar de origen logran entregar un mejor rendimiento sin tener como resultado aumentar las emisiones contaminantes en la combustión.

En los resultados obtenidos de consumo promedio de los tres tipos de combustibles se determinó que la gasolina que obtuvo mejores resultados en los ensayos con el aire acondicionado encendido y apagado es la Super EPP.

El combustible con menor rendimiento en Torque y Potencia es la gasolina Super G-Prix y un mayor consumo sin el uso del aire acondicionado, con el uso del aire acondicionado de igual manera es el combustible con menor rendimiento. La gasolina G-Prix tiene la misma cantidad de hidrocarburos desechados al ambiente, esto se debe por sus componentes estabilizadores aditivos que se le ha agregado al combustible Super, El consumo en dicha gasolina es menor ya que es directamente proporcional al rendimiento y como se observa en la figura 42 es la que tiene un menor rendimiento a comparación de los otros dos combustibles ensayados.

La gasolina Super Evol-T a su vez también tiene una menor concentración de monóxido de carbono en las emisiones, esto se debe por tener un mayor consumo teniendo así una mayor quema del comburente de mezcla homogénea y producto de esto se debe una mayor concentración de  $NO_x$  al quemar más combustible produce más calor en la cámara de combustión haciendo que se forme más cantidades de óxido de nitrógeno ( $NO_x$ ), en comparación con la gasolina Super EPP dichas emisiones se encontrarían en un mismo rango con un nivel bajo de variaciones, esto se debe porque su rendimiento en el motor es casi similar como se observa en

la gráfica 43.

La altura de Quito con 2850msnm supone una disminución en el rendimiento del motor en el vehículo, esto se ve representado en la tabla 40 donde por medio del uso de los resultados de potencia donde se usó los tres combustibles se obtiene un promedio de 99.1 (hp), el porcentaje con respecto a la potencia dada por el fabricante sería de 95.3 % con una diferencia del 4.7 %, traducido a potencia se tiene una pérdida de potencia de 4.9 (hp). Se puede concluir que el motor a la altura de Quito tiene una pérdida de potencia promedio del 4.7% con el uso de gasolinas Super en un modo de conducción normal sin el uso del aire acondicionado “OFF”

**Tabla 40**

*Comparación del rendimiento promedio del motor a 2850msnm sin el suso del aire acondicionado “OFF”*

<b>Combustible</b>	<b>Potencia (hp)</b>
Super G-Prix	97,7
Super Evol-T	99,8
Super EPP	99,9
<b>Promedio</b>	99,1
<b>Porcentaje %</b>	95,3
<b>Diferencia hp</b>	4,9
<b>Diferencia %</b>	4,7

En la tabla 41 se muestra los resultados de la potencia promedio del vehículo con el aire acondicionado encendido, concluyendo en que se ve afectada por una pérdida del 7.96 % con respecto los 104 (hp) mencionados por el fabricante con un total de 95.72 (hp) de la potencia promedio, existe una diferencia de 8.3 (hp) con respecto a una altura de 2850 msnm y con la condición del uso del aire acondicionado.

**Tabla 41**

*Comparación del rendimiento promedio del motor a 2850msnm con el suso del aire acondicionado "ON"*

<b>Combustible</b>	<b>Potencia (hp)</b>
Super Evol-T	95,37
Super EPP	97,43
<b>Promedio</b>	95,72
<b>Porcentaje %</b>	92,04
<b>Diferencia hp</b>	8,3
<b>Diferencia %</b>	7,96

En la investigación se logró determinar que las gasolinas Super ayudan al rendimiento del motor con respecto a la altura de Quito que supone para otro tipos de combustibles en el mercado más económicas una mayor diferencia en la potencia.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Secundino, E. (2011). *Motores*. Macmillan Iberia, S.A.

<https://elibro.net/es/lc/uisekecuador/titulos/101844>

Carreras Planells, R. Álvarez Flórez, J. A. (II.) & Callejón Agramunt, I. (II.). (2015). *Motores alternativos de combustión interna*. Universidad Politécnica de Catalunya.

<https://elibro.net/es/lc/uisekecuador/titulos/61423>

Rodríguez Melchor, J. C. (2012). *Mantenimiento de sistemas auxiliares del motor de ciclo Otto (MF0133\_2)*. IC Editorial. <https://elibro.net/es/lc/uisekecuador/titulos/42614>

Antonio, A. R. & Muñoz Domínguez, M. (2016). *Motores de combustión interna*. UNED - Universidad Nacional de Educación a Distancia.

<https://elibro.net/es/lc/uisekecuador/titulos/48846>

Álvaro Rosas, J. H. (2011). *Elaboración de un manual de mantenimiento para el dinamómetro de chasis LPS 3000, instalado en el centro de transferencia tecnológica para la capacitación e investigación en control de emisiones vehiculares (CCICEV)*. Escuela Politécnica Nacional <https://1library.co/document/zgwjdvny-elaboracion-mantenimiento-dinamometro-transferencia-tecnologica-capacitacion-investigacion-vehiculares.html>

Taipe Defaz, V. A., Antonio, E., & Llanes Cedeño, E. A. (2020). “*Evaluación Energética Y Exergética De Un Motor De Encendido Provocado Experimental Bajo Diferentes Gasolinas*” *Universidad Internacional Sek Facultad De Ciencias Naturales Y*

*Ambientales "Evaluación Energética Y Exergética De Un Motor De Encendido*

*Provocad. UISEK.*

<https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/3952/1/Fausto%20Javier%20Llerena%20Rengel.pdf>

Cristóbal Villagómez. (2019). *Sistema de control inteligente para el funcionamiento del sistema de aire acondicionado de un vehículo liviano*. UISEK.

<https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/3312/1/Sistema%20de%20control%20inteligente%20para%20el%20funcionamiento%20del%20sistema%20de%20aire%20acondicionado%20de%20un%20veh.pdf>

Rocha Hoyos, J., Llanes Cedeño, E. A., Andrade Villarreal, J., Caiza Quishpe, L., &

Leguísamo Milla, J. (2019). *Incidencia del uso de gasolina extra y mezcla al 5 % con etanol anhidro en los microfiltros de los inyectores multipunto*. *Enfoque UTE*, 10(2), 28– 38. <https://doi.org/10.29019/enfoque.v10n2.430>

Román, L. (2017). *Electricidad del Aire Acondicionado: Motores Eléctricos*. Outskirts Press.

Hernández, S. (2016, 30 noviembre). *Los componentes más importantes del sistema A/C*.

ACADEMIA.

[https://www.academia.edu/30184667/Los\\_componentes\\_m%C3%A1s\\_importantes\\_del\\_sistema\\_A\\_C](https://www.academia.edu/30184667/Los_componentes_m%C3%A1s_importantes_del_sistema_A_C)

401, R. (2019, 20 junio). *El embrague electromagnético y su mantenimiento*. LOCTITE TEROS

ON. <https://blog.reparacion-vehiculos.es/el-embrague-electromagnetico-y-su-mantenimiento>.

© BEHR HELLA SERVICE GmbH, Schwäbisch Hall. (s. f.). (2020). *CLIMATIZACIÓN DEL VEHÍCULO CONOCIMIENTOS BÁSICOS PARA EL TALLER* [Ilustración].

[https://tecnomaxequip.com.ar/wp-content/uploads/2020/12/climatizacion\\_vehiculo.pdf](https://tecnomaxequip.com.ar/wp-content/uploads/2020/12/climatizacion_vehiculo.pdf)

Mateos Santiago, F., Acosta Rizo, P., Gómez José, D. A., Delgado María, N. L. (2011).

*ENERGÍA DE DESCARGA DE AUTOMOTORES Y AIRE ACONDICIONADO. UN ESTUDIO EXPERIMENTAL*. Departamento de Energía, Universidad Autónoma Metropolitana. Memorias del XVII congreso internacional anual de la SOMIM.

[http://somim.org.mx/memorias/memorias2011/pdfs/A5/A5\\_149.pdf](http://somim.org.mx/memorias/memorias2011/pdfs/A5/A5_149.pdf)

Accudyno. (s. f.). *Aplicaciones – Accudyno*. <https://www.accudyno.com/es/galeria-de-fotos-de-aplicaciones/>

ISO. (2020). *ISO 1585:2020*. <https://www.iso.org/standard/70078.html>

Mitsubishi-motors. (2021, 20 enero). *Cuál es la diferencia entre potencia de frenado(BHP) y*

*potencia de la rueda(WHP)*. Mitsubishi Motors Blog | Venta de Camionetas SUV & MPV. <https://www.mitsubishi-motors.com.pe/blog/potencia-frenado-potencia-rueda/>

Tuning Blog.EU. (2021, 27 abril). *¿Qué es la pérdida de potencia y la potencia de arrastre?*

[tuningblog.eu. https://www.tuningblog.eu/es/kategorien/tipps\\_tuev-dekra-u-co/verlustleistung-schleppleistung-344146/](https://www.tuningblog.eu/es/kategorien/tipps_tuev-dekra-u-co/verlustleistung-schleppleistung-344146/)

*Potencia y Par Motor. Cadena Cinemática. Estabilidad en los Vehículos*. (s. f.).

[Ingemecánica.com](http://Ingemecánica.com).

[https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn63.html#:~:text=Intuitivamente%20se%20entiende%20que%20la,dem%C3%A1s%20fases%20\(expulsi%C3%B3n%20de%20gases%2C](https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn63.html#:~:text=Intuitivamente%20se%20entiende%20que%20la,dem%C3%A1s%20fases%20(expulsi%C3%B3n%20de%20gases%2C)

Ávila Alfredo, A. A. (2016). *Estudio e implementación del dinamómetro de chasis modelo x tracción 2 ruedas del fabricante dynocom*. UIDE. Universidad Internacional del Ecuador. <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/1023/1/T-UIDE-035.pdf>

Observatorio Ambiental de Cartagena de Indias. (2015). *FACTORES DE EMISIÓN – Observatorio Ambiental de Cartagena de Indias*. [observatorio.epacartagena.gov.co/](http://observatorio.epacartagena.gov.co/). <http://observatorio.epacartagena.gov.co/gestion-ambiental/seguimiento-y-monitoreo/protocolo-monitoreo-calidad-del-aire-en-la-ciudad-de-cartagena/factores-de-emision/>

Beck, D. D., Short, W. A., Angelos, T. E., & Dils, R. R. (1994). IM240 Emission Tests with a 2.2 L Corsica TLEV. *SAE Transactions*, 103, 1552–1566. <http://www.jstor.org/stable/44612444>

Rocha-Hoyos, J. C., Zambrano, D., Portilla, N., Erazo, G., Torres, G., & Llanes-Cedeño, E. (2018). *Análisis de Gases del Motor de un Vehículo a través de Pruebas Estáticas y Dinámicas. //Analysis of Gases of the Engine of a Vehicle through Static and Dynamic Tests*. CIENCIA UNEMI, 11(28), 97–108. <https://doi.org/10.29076/issn.2528-7737vol11iss28.2018pp97-108p>

Cedeño, E. A. L., Rocha-Hoyos, J. C., Zurita, D. B. P., & Milla, J. C. L. (2018). *Evaluación de emisiones de gases en un vehículo liviano a gasolina en condiciones de altura. Caso de*

*estudio Quito, Ecuador. Enfoque UTE, 9(2), 149-158.*

[https://www.researchgate.net/publication/325909332\\_Evaluacion\\_de\\_emisiones\\_de\\_gases\\_en\\_un\\_vehiculo\\_liviano\\_a\\_gasolina\\_en\\_condiciones\\_de\\_altura\\_Caso\\_de\\_estudio\\_Quito\\_Ecuador](https://www.researchgate.net/publication/325909332_Evaluacion_de_emisiones_de_gases_en_un_vehiculo_liviano_a_gasolina_en_condiciones_de_altura_Caso_de_estudio_Quito_Ecuador)

Cali-Castañeda, J. E. (2021). *Evaluación del uso de aire acondicionado Automotriz en el rendimiento mecánico y emisiones contaminantes en la región Sierra del Ecuador.*

UISEK . Universidad Internacional SEK.

<https://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/4086>

Jarrín-Efrem, K. B. (2021). *Evaluación del consumo de combustible en vehículos a 2385 msnm en los modos de conducción normal y eco-driving.* UISEK . Universidad Internacional

SEK. <https://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/4087>

Aguirre-Bayas. N. D. (2021). *Evaluación en ruta del consumo de combustible y emisiones contaminantes de un vehículo utilizando aire acondicionado en la ciudad de Quito.*

UISEK . Universidad Internacional.

<https://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/4250>

MAHA Maschinenbau Haldenwang GmbH. (2000). *MGT 5/MDO2-LON - MAHA*

*Maschinenbau Haldenwang GmbH | Manualzz. manualzz.com.*

<https://manualzz.com/doc/42627027/mgt-5-mdo2-lon---maha-maschinenbau-haldenwang-gmbh>

*AIR 7/1 LKW | MAHA Maschinenbau Haldenwang GmbH & Co. KG. (2022).*

<https://www.maha.de/en/products/performance-measurement-technology/air-stream-fan/air-71-lkw%7Ep2114>

Vergara, F. (2021, 14 septiembre). *Super G-Prix, la gasolina premium de Primax que brinda más y mejores beneficios para los motores de todo tipo de vehículos.* El Comercio.

<https://www.elcomercio.com/publirreportajes/super-g-prix-la-gasolina-premium-de-primax-que-brinda-mas-y-mejores-beneficios-para-los-motores-de-todo-tipo-de-vehiculos.html>

EPPETROECUADOR. (2021). *EP PETROECUADOR – Empresa Pública de Hidrocarburos del Ecuador*. <https://www.eppetroecuador.ec/>

*Super G-Prix con aditivos alemanes*. (s. f.). PRIMAX. <https://www.primax.com.ec/combustibles>

Lapuerta, M. (2006). *Estudio del Efecto de la Altitud sobre el Comportamiento de Motores de Combustión Interna. Parte 1: Funcionamiento*. SciELO. Universidad de Castilla-La Mancha, Escuela Técnica Superior de Ingenieros. Universidad de Antioquia. Industriales[https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-07642006000500005#:text=El%20rendimiento%20indicado%20disminuye%20con,una%20p%C3%A9rdida%20de%20potencia%20indicada](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642006000500005#:text=El%20rendimiento%20indicado%20disminuye%20con,una%20p%C3%A9rdida%20de%20potencia%20indicada).

Cevallos, I. (2015, 30 octubre). *¿Por qué los carros en la altura pierden potencia? Aquí te lo contamos*. Seminuevos. <https://www.seminuevos.com/blog/por-que-los-carros-en-la-altura-pierden-potencia/>

Amigo, M. L. (2006). *Estudio del Efecto de la Altitud sobre el Comportamiento de Motores de Combustión Interna: parte 1. Funcionamiento*. Dialnet. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2196209>

D. (2021, 5 marzo). *Sistema de inyección: funciones, tipos, síntomas*. Blog del AUTODOC CLUB - consejos e ideas para su coche. [https://club.autodoc.es/magazin/sistema-de-inyeccion-funciones-tipos-sintomas#Sistema\\_de\\_inyeccion\\_gasolina](https://club.autodoc.es/magazin/sistema-de-inyeccion-funciones-tipos-sintomas#Sistema_de_inyeccion_gasolina)

Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables. (2020).

*PRECIOS DE COMBUSTIBLES – Agencia de Regulación y Control de Energía y*

*Recursos Naturales no Renovables. Control recursos y energía.*

<https://controlrecursosyenergia.gob.ec/precios-combustibles/>

Ministerio del Ambiente. (2020). *ACUERDO No. 050*. Ministerio del Ambiente del Gobierno del

Ecuador. [https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/10/Acuerdo-](https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/10/Acuerdo-50-NCA.pdf)

[50-NCA.pdf](https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/10/Acuerdo-50-NCA.pdf)

J. (2018, 25 julio). *STATGRAPHICS Centurion XVIII - Potente herramienta de análisis.*

Statgraphics. <https://statgraphics.net/>

[https://Www.elcomercio.com/actualidad/quito/suman-vehiculos-nuevos-quito-](https://Www.elcomercio.com/actualidad/quito/suman-vehiculos-nuevos-quito-2022.html#:~:text=En%20diciembre%20pasado%2C%20a%20prop%C3%B3sito,(AMT)%20matricul%C3%B3%20404%20327.)

[2022.html#:~:text=En%20diciembre%20pasado%2C%20a%20prop%C3%B3sito,\(AMT\)](https://Www.elcomercio.com/actualidad/quito/suman-vehiculos-nuevos-quito-2022.html#:~:text=En%20diciembre%20pasado%2C%20a%20prop%C3%B3sito,(AMT)%20matricul%C3%B3%20404%20327.)

[%20matricul%C3%B3%20404%20327.](https://Www.elcomercio.com/actualidad/quito/suman-vehiculos-nuevos-quito-2022.html#:~:text=En%20diciembre%20pasado%2C%20a%20prop%C3%B3sito,(AMT)%20matricul%C3%B3%20404%20327.)

*Secretaría de Ambiente del Municipio del Distrito Metropolitano Quito.* (2016, 6 enero).

Secretaria de Ambiente. <http://www.quitoambiente.gob.ec>

Llanes Cedeño, E. A., & Shiguango Shayan, G. F. (2021, 18 agosto). *Evaluación del*

*comportamiento en un motor de encendido provocado bajo mezcla de gasolina - etanol.*

Repositorio Digital Universidad Internacional SEK.

<https://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/4251>

Llanes Cedeño, E. A., & Rodríguez Munive, M. E. (2021, 18 agosto). *Repositorio de la*

*Universidad Internacional SEK Ecuador: Desarrollo de ciclos de conducción en la*

*ciudad de Quito-Ecuador para un vehículo categoría M1.* Repositorio Digital

Universidad Internacional SEK. <https://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/4249>

Llanes Cedeño, E. A., & Escobar Zapata, L. F. (2022, 18 marzo). *Evaluación de un motor OTTO experimental de baja cilindrada bajo diferentes porcentajes de mezcla gasolina-etanol a 2850 MSNM*. Repositorio Digital Universidad Internacional SEK.

<https://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/4559>

Llanes Cedeño, E. A., & Martínez Loaiza, D. A. (2020, 20 agosto). *Comportamiento de un MEP de baja cilindrada bajo el efecto de diferentes gasolinas*. Repositorio Digital Universidad Internacional SEK. <https://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/3903>

Llanes Cedeño, E. A., & Puebla Molina, D. E. (2021, octubre). *Evaluación del uso del aire acondicionado en vehículo Suzuki SZ en ciclos de conducción dinamométricos*. Repositorio Digital Universidad Internacional SEK.

<https://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/4510>

Llanes Cedeño, E. A., & Eguez Basantes, X. A. (2021, agosto). *Evaluación del comportamiento en un motor de encendido provocado bajo mezcla de gasolina - etanol*. Repositorio Digital Universidad Internacional SEK.

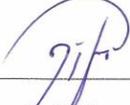
<https://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/4251>

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA - NTE INEN 2204. (2017). *GESTIÓN AMBIENTAL. AIRE. VEHÍCULOS AUTOMOTORES. LÍMITES PERMITIDOS DE EMISIONES PRODUCIDAS POR FUENTES MÓVILES TERRESTRES QUE EMPLEAN GASOLINA NTE INEN 2204*. Servicio Ecuatoriano de Normalización INEN – Ecuador.

<https://www.normalizacion.gob.ec>

ANEXOS

Anexo 1 Certificado de evaluación de ensayos en la determinación de factores de emisión mediante el ciclo dinámico IM240 y ensayos de Torque Y Potencia en dinamómetro de chasis

CCICEV		Centro de Transferencia Tecnológica para la Capacitación e Investigación en Control de Emisiones Vehiculares				
<b>REGISTRO DE DATOS DE ENSAYO DE TORQUE Y POTENCIA</b>						
CODIGO: CCICEV-04-00-03-ETP	Revisión 3	Nº	CCICEV-04-00-03-2021-ETP - 005 - P1			
	Página 1 / 1	FECHA:	20 de enero de 2022			
TÉCNICOS RESPONSABLES	Fabián Iza					
OBJETIVO DE LA EVALUACIÓN	TIPO DE EVALUACIÓN					
Evaluación Inicial <input checked="" type="checkbox"/>	Evaluación Regular <input type="checkbox"/>	Prechequeo RTV* <input type="checkbox"/>				
Reevaluación <input type="checkbox"/>	Evaluación RTV* <sup>4</sup> rev <input type="checkbox"/>	Evaluación Tesis <input checked="" type="checkbox"/>				
No. Visita <input type="text" value="1"/>	Otros <input type="checkbox"/>					
*RTV: Revisión Técnica Vehicular ** Los resultados expresados en el presente documento no pueden ser utilizados para aprobar ningún proceso de RTV						
<b>DATOS GENERALES DEL VEHÍCULO</b>						
Marca	CHEVROLET	VIN Chasis / Placa:	8LATW5265E0224824 / PCI3178			
Modelo:	AVEO EMOTION GLS AC 1.6 4P 4X2 TM	Versión	N/D			
Fabricante	N/D	Kilometraje:	109294			
<b>MOTOR (Datos del fabricante)**</b>						
Fabricante motor	N/D	Modelo/Tipo	N/D			
Posición de motor	DELANTERO TRANSVERSAL	No. Motor	F16D34633552			
No. de cilindros y disposición	4 EN LÍNEA	Cilindrada [cm3]	1598			
Máxima Potencia (kw/rpm)	76,8 KW @ 6000 RPM	Máximo Torque (Nm/rpm)	144,1 Nm @ 3600 RPM			
Sistema de enfriamiento	REFRIGERANTE	Tipo de aspiración	ATMOSFÉRICO			
Combustible / Fuente de energía	GASOLINA SUPER G-PRIX	Categoría-Subcategoría-Clase	SEDÁN			
Tipo	M_1	Año modelo vehículo	2014			
Tonelaje (t)	1,535	País de origen	ECUADOR			
<b>TRANSMISIÓN /CAMBIO DE VELOCIDADES</b>						
Tipo	MANUAL	Nro. De marchas	5 + 1 REVERSA			
Relación marcha directa	0,971 / 4TA MARCHA	Neumáticos (dimensiones)	195/55 R15			
**Opcional en RTV						
Hora de inicio	10 h 40 min	Hora final	11 h 40 min			
Temperatura ambiente °C	23,60	Humedad Relativa (%)	39,00			
		Serie equipo	501011-002			
		Presión Atmosférica (hPa)	732			
<b>RESULTADOS DEL DINAMÓMETRO DE CHASIS - TORQUE Y POTENCIA</b>						
Parámetros	POTENCIA			TORQUE		
	kw	hp	rpm	Nm	lbf.ft	rpm
PRUEBA 1	72,4	97,1	6000	138,6	102,2	3675
PRUEBA 2	73,3	98,3	6055	141,3	104,2	3715
PRUEBA 3	72,9	97,7	6000	142,0	104,7	3735
Norma de Corrección	ISO 1585					
OBSERVACIONES: Pruebas ejecutadas sin aire acondicionado, el combustible fue proporcionado por el solicitante						
Los resultados aplican únicamente al vehículo de prueba						
Firma Responsables:	 Técnico No 1		Técnico No 2		Firma Responsable de Unidad: 	
Nombres:	Fabián Iza				Nombre: Ing. Diego Lincango	
Formato de registro primario para ensayo de torque y potencia / Los resultados aplican únicamente al ítem evaluado						

Anexo 2 Ficha técnica de: Chevrolet Aveo Emotion 1.6 GLS

31/8/2014

CHEVROLET AVEO EMOTION - FICHA TECNICA: DETALLES Y ESPECIFICACIONES



Motor	1.6	1.6 A/C	1.6 Advance	1.6 GLS
Alimentación	MPI	MPI	MPI	MPI
Alternador	85 A	85 Amp	85 A	85 A
Batería	12V / 55AH	12V / 55AH	12V / 55AH	12V / 55AH
Bomba de gasolina	Eléctrica	Eléctrica	Eléctrica	Eléctrica
Caja cambios / relación final de eje	4.176	4.176	4.176	4.176
Caja de cambios relaciones 1º	3.545	3.545	3.545	3.545
Caja de cambios relaciones 2º	1.952	1.952	1.952	1.952
Caja de cambios relaciones 3º	1.276	1.276	1.276	1.276
Caja de cambios relaciones 4º	0.971	0.971	0.971	0.971
Caja de cambios relaciones 5º	0.763	0.763	0.763	0.763
Desplazamiento (c.c.)	1,598	1.598	1,598	1,598
Diam x Carrera (mm)	79 x 81.5	79 x 81.5	79 x 81.5	79 x 81.5
Dirección	Hidráulica / Piñón y Cremallera			
Frenos ABS	NO	NO	SI	SI
Nro de Cilindros / Configuración	4 en línea	4 en línea	4 en línea	4 en línea
Nro de Válvulas	16	16	16	16
Posición	Transversal	Transversal	Transversal	Transversal
Potencia (HP@rpm)	104 @ 6000	104 @ 6000	104 @ 6000	104 @ 6000
Relación de compresión	9.5:1	9.5:1	9.5:1	9.5:1
Relación de giro	4.89 / 5.12	4.89 / 5.12	4.89 / 5.12	4.89 / 5.12
Reversa	3.333	3.333	3.333	3.333
Sistema de encendido	Electrónico	Electrónico	Electrónico	Electrónico
Sistema de freno delantero	Discos ventilados 256mm	Discos ventilados 256mm	Discos ventilados 256mm	Discos ventilados 256mm
Sistema de freno tipo y de mano	Mecánico en ruedas posteriores			
Sistema de freno trasero	Tambor	Tambor	Tambor	Tambor
Suspensión amortiguadores	Hidráulicos Telescópicos	Hidráulicos Telescópicos	Hidráulicos Telescópicos	Hidráulicos Telescópicos
Suspensión delantera tipo	Independiente McPherson	Independiente McPherson	Independiente McPherson	Independiente McPherson
Suspensión posterior tipo	Eje de torsión	Eje de torsión	Eje de torsión	Eje de torsión
Tipo	4CIL DOHC 16V	4CIL DOHC 16V	4CIL DOHC 16V	4CIL DOHC 16V
Tipo / palanca de cambio	Al piso	Al piso	Al piso	Al piso
Torque kg-m (Nm)@rpm	14.7 (144.1) @ 3600	14.7 @ 3600	14.7 (144.1) @ 3600	14.7 (144.1) @ 3600