



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**SEDE CUENCA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DEL MOTOR DE UNA MOTOCICLETA  
MEDIANTE LA APLICACIÓN DE UN ESCAPE DE COMPETENCIA Y EJE DE LEVAS  
MODIFICADO**

Trabajo de titulación previo a la obtención del  
título de Ingeniero Automotriz

**AUTORES: BRYAN EDUARDO MALDONADO MORILLO**

**JONATHAN MAURICIO OJEDA OJEDA**

**TUTOR: ING. JUAN FERNANDO CHICA SEGOVIA, MSC.**

Cuenca - Ecuador

2023

## CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Bryan Eduardo Maldonado Morillo con documento de identificación N° 1105879108 y Jonathan Mauricio Ojeda Ojeda con documento de identificación N° 1105265878; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 16 de enero del 2023

Atentamente,



---

Bryan Eduardo Maldonado Morillo

1105879108



---

Jonathan Mauricio Ojeda Ojeda

1105265878

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Bryan Eduardo Maldonado Morillo con documento de identificación N° 1105879108 y Jonathan Mauricio Ojeda Ojeda con documento de identificación N° 1105265878, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto técnico: “Estudio del comportamiento del motor de una motocicleta mediante la aplicación de un escape de competencia y eje de levas modificado”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Automotriz, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 16 de enero del 2023

Atentamente,



---

Bryan Eduardo Maldonado Morillo

1105879108



---

Jonathan Mauricio Ojeda Ojeda

1105265878

## CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Juan Fernando Chica Segovia con documento de identificación N° 0102220654, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DEL MOTOR DE UNA MOTOCICLETA MEDIANTE LA APLICACIÓN DE UN ESCAPE DE COMPETENCIA Y EJE DE LEVAS MODIFICADO, realizado por Bryan Eduardo Maldonado Morillo con documento de identificación N° 1105879108 y por Jonathan Mauricio Ojeda Ojeda con documento de identificación N° 1105265878, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 16 de enero del 2023

Atentamente,



---

Ing. Juan Fernando Chica Segovia, MSc.

0102220654

## **DEDICATORIA**

*Les dedico del fondo de mi corazón el presente proyecto técnico a mis padres Edgar Maldonado y Noemi Morillo por el gran apoyo que me brindaron a lo largo del trayecto de mi formación profesional, ya que, sin su ayuda incondicional, amor y consejos brindados no habría logrado alcanzar la cúspide de mi carrera.*

*Debido a esta y mil razones más dedico este trabajo también a mi Dios querido por brindarme padres ejemplares y maravillosos que me han sabido formar y apoyar en toda circunstancia sin pedirme nada a cambio.*

***Bryan Eduardo Maldonado Morillo***

## DEDICATORIA

*El presente proyecto técnico quiero dedicar con todo mi amor y cariño a Dios por todas sus bendiciones brindadas, por la salud, la familia y amigos que me ha permitido tener a lo largo de mi formación como profesional. De igual manera dedicarles a mis abuelitos Luis Ojeda y Victoria Ojeda que siempre fueron un pilar muy fundamental para mí desde muy pequeño quiénes supieron educarme y brindarme sus consejos día a día para que fuera una mejor persona y no me desviara del camino del bien.*

*Así mismo les dedico con todo mi corazón a mi madre querida Irma Ojeda y a Patricio Fernández por confiar en mis capacidades al brindarme su apoyo económico y emocional, ya que fue muy importante para mí desarrollo académico durante el transcurso de mi formación profesional.*

***Jonathan Mauricio Ojeda Ojeda***

## AGRADECIMIENTO

*Primeramente, le doy gracias a Dios por darme salud, vida y muchas fuerzas para siempre seguir adelante en el transcurso de vida y no darme por vencido en los obstáculos que se me interpusieron en el trayecto de la obtención de mi título.*

*A si mismo dar gracias a mis padres por apoyarme incondicionalmente con sus consejos, su afecto, por ser mi primordial fuente de inspiración y no darme por vencido. Son mi ejemplo por seguir ya que son grandes trabajadores, responsables y que si se presenta un problema saben salir a delante y nunca darse por vencidos.*

*Finalmente, a nuestro tutor el Ing. Fernando Chica ya que, sin su asesoría, conocimientos y sus consejos brindados permitieron que la realización de nuestro proyecto haya sido posible realizarlo.*

***Bryan Eduardo Maldonado Morillo***

## AGRADECIMIENTO

*En primera instancia quiero agradecer a Dios por haberme dado la vida y las fuerzas necesarias para no darme por vencido en el transcurso de mi formación profesional.*

*A mi madre Irma Ojeda y a mi abuelita Victoria Ojeda por brindarme su amor, cariño y algo tan importante que es el estudio, así mismo a todos mis tíos que supieron apoyarme de una u otra forma, especialmente a mi tío Luis Ojeda y mi tía Francia Ojeda por sus constantes consejos y apoyo brindado en todo momento, por esta y muchas razones más eh logrado salir adelante, aunque el camino de formación académica no haya sido fácil.*

*Y por último agradecer a nuestro tutor el Ing. Fernando Chica por su guía en el desarrollo de este proyecto técnico, por sus conocimientos y valiosos consejos ofrecidos.*

***Jonathan Mauricio Ojeda Ojeda***



## RESUMEN

El presente proyecto técnico desarrollado se basa en el estudio de las prestaciones y emisiones que genera una motocicleta 4 tiempos Daytona Scrambler Revolution 2023 al implementar componentes auxiliares como el eje de levas modificado y un tubo de escape de competencia.

Para lograr cumplir los objetivos planteados en primera instancia se buscó información técnica de los componentes auxiliares modificados, para entender su funcionamiento y sus características.

Una vez se adquirió el conocimiento respectivo se creó un diseño de experimentos para la obtención de las prestaciones y emisiones generadas por el motor antes y después de las modificaciones mediante varias pruebas de funcionamiento de laboratorio y en rutas establecidas.

A continuación, se efectuó el diseño experimental con la ayuda del banco dinamométrico de los laboratorios de la UPS obteniendo los valores de potencia, torque, temperatura del motor, consumo, emisiones, además se hicieron las pruebas de rutas en las que se obtuvo el consumo de combustible.

Finalmente, para hacer el análisis de los datos obtenidos por la experimentación se procedió a tabular en un software de ingeniería, en el cual se generó un análisis de superficie de respuesta para la obtención de gráficas que ayudan a facilitar el entendimiento de cómo se comporta el motor durante las pruebas generadas.

**Palabras Clave:** *Potencia, torque, emisiones, eje de levas, tubo de escape, diseño de experimentos.*

## ABSTRACT

The present technical project developed is based on the study of the performance and emissions generated by a 2023 Daytona Scrambler Revolution 4-stroke motorcycle by implementing auxiliary components such as the modified camshaft and a competition exhaust pipe.

In order to achieve the objectives, set in the first instance, technical information on the modified auxiliary components was sought, to understand their operation and their characteristics.

Once the respective knowledge was acquired, a design of experiments was created to obtain the performance and emissions generated by the engine before and after the modifications through various laboratory performance tests and on established routes.

Next, the experimental design was carried out with the help of the dynamometric bench of the UPS laboratories, obtaining the values of power, torque, engine temperature, consumption, emissions, in addition, the route tests were carried out in which the consumption was obtained.

Finally, to carry out the analysis of the data obtained by the experimentation, they were tabulated in an engineering software, in which a response surface analysis will be maintained to obtain graphs that help to facilitate the understanding of how it behaves. the motor during the tests generated.

**Keywords:** *Power, torque, emissions, camshaft, exhaust pipe, design of experiments.*

## ÍNDICE GENERAL

<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>V</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>VI</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>VII</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>VIII</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>IX</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>X</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>17</b>
<b>2. PROBLEMA .....</b>	<b>18</b>
<b>2.1. Antecedentes.....</b>	<b>18</b>
<b>2.2. Importancia y alcances .....</b>	<b>19</b>
<b>2.3. Delimitación.....</b>	<b>19</b>
<b>3. OBJETIVOS.....</b>	<b>20</b>
<b>3.1. Objetivo general .....</b>	<b>20</b>
<b>3.2. Objetivos específicos .....</b>	<b>20</b>
<b>4. FUNDAMENTACIÓN TEORICA .....</b>	<b>21</b>
<b>4.1. Motores de combustión 4 tiempos.....</b>	<b>21</b>
<b>4.2. Eje de levas y tubo de escape.....</b>	<b>22</b>
<b>4.2.1. Eje de levas .....</b>	<b>22</b>
<b>4.2.2. Leva .....</b>	<b>22</b>
<b>4.2.3. Funcionamiento de un árbol de leva .....</b>	<b>23</b>
<b>4.2.4. La importancia de las levas y su silueta .....</b>	<b>23</b>
<b>4.2.5. Regiones de la leva.....</b>	<b>23</b>
<b>4.2.6. Tipos de levas.....</b>	<b>24</b>
<b>4.2.7. Leva Simétrica .....</b>	<b>24</b>
<b>4.2.8. Leva Asimétrica.....</b>	<b>25</b>
<b>4.2.9. Leva de Admisión .....</b>	<b>25</b>
<b>4.2.10. Leva de Escape .....</b>	<b>25</b>
<b>4.2.11. Designación y cálculos del árbol de levas.....</b>	<b>25</b>
<b>4.2.12. Método de la tangente .....</b>	<b>27</b>
<b>4.2.13. Cálculo del ángulo entre levas .....</b>	<b>29</b>
<b>4.2.14. Tubos de escape .....</b>	<b>29</b>
<b>4.2.15. Función de los tubos de escape .....</b>	<b>30</b>
<b>4.2.16. Tipos de tubos de escape .....</b>	<b>30</b>

4.2.17.	Composición del sistema de escape .....	30
4.2.18.	Colector de escape .....	31
4.2.19.	Tubo flexible .....	31
4.2.20.	Catalizador .....	31
4.2.21.	Filtro para partículas .....	32
4.2.22.	Tubos intermedios .....	32
4.2.23.	Marmitas o mufflers.....	32
4.2.24.	Varillas de sujeción y silentblocks.....	33
4.2.25.	Tubos de cola .....	33
4.2.26.	Cálculos de los tubos de escape .....	33
4.2.27.	Otra forma de calcular las dimensiones del escape.....	37
4.2.28.	Cálculo de la cámara de expansión .....	38
<b>5.</b>	<b>DISEÑO DE EXPERIMENTOS PARA LA OBTENCIÓN DE DATOS DEL COMPORTAMIENTO DEL MOTOR.....</b>	<b>39</b>
5.1.	Elaboración del diseño de experimentos para pruebas en la motocicleta .....	39
5.1.1.	Variables de entrada .....	40
5.1.2.	Variables de bloqueo .....	40
5.1.3.	Variables de ruido .....	41
5.1.4.	Variables de salida .....	41
5.2.1.	Dimensiones del eje de levas modificado .....	43
5.2.2.	Dimensiones del tubo de escape modificado .....	45
5.2.3.	Eje primario y secundario .....	46
5.3.	Dispositivos y materiales empleados para el diseño de experimentos .....	47
5.3.1.	Analizador de gases .....	47
5.3.2.	Aparato medidor del consumo de combustible .....	47
5.3.3.	Banco dinamométrico de pruebas .....	48
<b>6.</b>	<b>PRUEBAS DE LABORATORIO Y EN CARRETERA .....</b>	<b>48</b>
6.1.	Desarrollo experimental motocicleta estándar y modificada .....	49
6.1.1.	Gráficas obtenidas mediante software de ingeniería .....	53
6.2.	Pruebas en rutas establecidas.....	60
<b>7.</b>	<b>ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DEL MOTOR ESTÁNDAR Y CON LA IMPLEMENTACIÓN DE COMPONENTES MODIFICADOS .....</b>	<b>63</b>
7.1.	Gráficas de residuos .....	63
7.2.	Temperatura del motor vs marcha; velocidad y carga.....	64
7.3.	CO <sub>2</sub> vs marcha; velocidad y carga.....	66
7.4.	O <sub>2</sub> vs marcha; velocidad y carga. ....	67

7.5.	Hc vs marcha; velocidad y carga.....	69
7.6.	CO vs marcha; velocidad y carga.....	71
7.7.	Potencia vs marcha; velocidad y carga.....	72
7.8.	Fuerza vs marcha; velocidad y carga.....	74
7.9.	Consumo vs marcha; velocidad y carga. ....	75
7.10.	Consumo de combustible en diferentes rutas .....	77
8.	MARCO METODOLÓGICO .....	77
9.	RESULTADOS .....	78
10.	CONCLUSIONES.....	81
11.	RECOMENDACIONES .....	82
12.	BIBLIOGRAFÍA.....	83
13.	ANEXOS.....	85

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Ubicación de la Universidad Politécnica Salesiana</i> .....	19
Figura 2 <i>Contorno de una leva</i> .....	23
Figura 3 <i>Leva simétrica</i> .....	24
Figura 4 <i>Diagrama de mando ciclo Otto</i> .....	26
Figura 5 <i>Guía para el trazo de perfil de la leva</i> .....	28
Figura 6 <i>Ángulo entre leva de escape y leva de admisión</i> .....	29
Figura 7 <i>Factores que intervienen en el desarrollo experimental</i> .....	39
Figura 8 <i>Motocicleta de pruebas</i> .....	42
Figura 9 <i>Eje de levas</i> .....	43
Figura 10 <i>Apertura y cierre de válvulas motocicleta estándar</i> .....	44
Figura 11 <i>Apertura y cierre de válvulas motocicleta modificada</i> .....	45
Figura 12 <i>Tubo de escape</i> .....	45
Figura 13 <i>Eje primario y secundario</i> .....	46
Figura 14 <i>Analizador de gases MGT 5</i> .....	47
Figura 15 <i>Medidor de consumo</i> .....	47
Figura 16 <i>Banco dinamométrico de la UPS</i> .....	48
Figura 17 <i>Interfaz que tiene el banco dinamométrico</i> .....	49
Figura 18 <i>Motocicleta de pruebas</i> .....	49
Figura 19 <i>Temperatura del motor motocicleta normal</i> .....	53
Figura 20 <i>Temperatura del motor motocicleta modificada</i> .....	53
Figura 21 <i>Media de potencia motocicleta normal</i> .....	54
Figura 22 <i>Media de potencia motocicleta modificada</i> .....	54
Figura 23 <i>Media de fuerza de la motocicleta normal</i> .....	55
Figura 24 <i>Media de fuerza de la motocicleta modificada</i> .....	55
Figura 25 <i>Media de dióxido de carbono motocicleta normal</i> .....	56
Figura 26 <i>Media de dióxido de carbono motocicleta modificada</i> .....	56
Figura 27 <i>Media de monóxido de carbono motocicleta normal</i> .....	57
Figura 28 <i>Media de monóxido de carbono motocicleta modificada</i> .....	57
Figura 29 <i>Media de oxígeno motocicleta normal</i> .....	58
Figura 30 <i>Media de oxígeno motocicleta modificada</i> .....	58
Figura 31 <i>Media de hidrocarburos motocicleta normal</i> .....	59
Figura 32 <i>Media de hidrocarburos motocicleta modificada</i> .....	59

Figura 33 <i>Ruta hacia Giron</i> .....	60
Figura 34 <i>Ruta hacia Azogues</i> .....	60
Figura 35 <i>Ruta hacia control sur</i> .....	60
Figura 36 <i>Residuos de potencia motocicleta estándar</i> .....	63
Figura 37 <i>Residuos de potencia para motocicleta modificada</i> .....	63
Figura 38 <i>Temperatura de motocicleta estándar</i> .....	64
Figura 39 <i>Temperatura de motocicleta modificada</i> .....	64
Figura 40 <i>Interacción de temperatura de motocicleta estándar</i> .....	65
Figura 41 <i>Interacción de temperatura de motocicleta modificada</i> .....	65
Figura 42 <i>Dióxido de carbono de motocicleta estándar</i> .....	66
Figura 43 <i>Dióxido de carbono de motocicleta modificada</i> .....	66
Figura 44 <i>Interacción del CO<sub>2</sub> motocicleta estándar</i> .....	66
Figura 45 <i>Interacción del CO<sub>2</sub> motocicleta modificada</i> .....	67
Figura 46 <i>Oxígeno de la motocicleta estándar</i> .....	67
Figura 47 <i>Oxígeno de la motocicleta modificada</i> .....	67
Figura 48 <i>Interacción del O<sub>2</sub> motocicleta estándar</i> .....	68
Figura 49 <i>Interacción del O<sub>2</sub> motocicleta modificada</i> .....	68
Figura 50 <i>Hidrocarburos no combustionados de motocicleta estándar</i> .....	69
Figura 51 <i>Hidrocarburos no combustionados de motocicleta modificada</i> .....	69
Figura 52 <i>Interacción HC motocicleta estándar</i> .....	70
Figura 53 <i>Interacción de HC motocicleta modificada</i> .....	70
Figura 54 <i>Monóxido de carbono de motocicleta estándar</i> .....	71
Figura 55 <i>Monóxido de carbono de motocicleta modificada</i> .....	71
Figura 56 <i>Interacción del CO de la motocicleta estándar</i> .....	71
Figura 57 <i>Interacción del CO de la motocicleta modificada</i> .....	72
Figura 58 <i>Potencia de motocicleta modificada</i> .....	72
Figura 59 <i>Potencia de motocicleta estándar</i> .....	72
Figura 60 <i>Interacción de potencia de motocicleta estándar</i> .....	73
Figura 61 <i>Interacción de potencia para motocicleta modificada</i> .....	73
Figura 62 <i>Fuerza de la motocicleta estándar</i> .....	74
Figura 63 <i>Fuerza de la motocicleta modificada</i> .....	74
Figura 64 <i>Interacción de la fuerza para la motocicleta estándar</i> .....	74
Figura 65 <i>Interacción de la fuerza para la motocicleta modificada</i> .....	75
Figura 66 <i>Consumo de la motocicleta estándar</i> .....	75
Figura 67 <i>Consumo de la motocicleta modificada</i> .....	75

<b>Figura 68</b> <i>Interacción del consumo de la motocicleta estándar</i> .....	<b>76</b>
<b>Figura 69</b> <i>Interacción del consumo de la motocicleta modificada</i> .....	<b>76</b>



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> <i>Simbologías y definiciones 1</i> .....	<b>26</b>
<b>Tabla 2</b> <i>Simbologías y definiciones 2</i> .....	<b>26</b>
<b>Tabla 3</b> <i>Variables de estudio</i> .....	<b>40</b>
<b>Tabla 4</b> <i>Variables de bloqueo</i> .....	<b>40</b>
<b>Tabla 5</b> <i>Variables de ruido</i> .....	<b>41</b>
<b>Tabla 6</b> <i>Variables de salida</i> .....	<b>41</b>
<b>Tabla 7</b> <i>Características de la motocicleta</i> .....	<b>42</b>
<b>Tabla 8</b> <i>Dimensiones del eje de levas</i> .....	<b>43</b>
<b>Tabla 9</b> <i>Ángulos de apertura y cierra de válvulas</i> .....	<b>44</b>
<b>Figura 10</b> <i>Apertura y cierre de válvulas motocicleta estándar</i> .....	<b>44</b>
<b>Figura 11</b> <i>Apertura y cierre de válvulas motocicleta modificada</i> .....	<b>45</b>
<b>Tabla 10</b> <i>Dimensiones del tubo de escape</i> .....	<b>46</b>
<b>Tabla 11</b> <i>Diseño de superficie de respuesta Box- Behnken</i> .....	<b>50</b>
<b>Tabla 12</b> <i>Datos obtenidos en la interfaz del banco dinamométrico de la motocicleta estándar</i> .....	<b>51</b>
<b>Tabla 13</b> <i>Valores obtenidos en la interfaz del banco dinamométrico de la motocicleta modificada</i> .....	<b>52</b>
<b>Tabla 14</b> <i>Valores del consumo de combustible de la motocicleta estándar</i> .....	<b>61</b>
<b>Tabla 15</b> <i>Datos del consumo de combustible de la motocicleta modificada</i> .....	<b>62</b>
<b>Tabla 16</b> <i>Variables de salida obtenidas</i> .....	<b>79</b>

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Figura A-1</b> .....	<b>85</b>
<i>Residuos para la Temperatura del motor de la motocicleta modificada</i> .....	<b>85</b>
<b>Figura A-2</b> .....	<b>85</b>
<i>Residuos para el CO<sub>2</sub> de la motocicleta modificada</i> .....	<b>85</b>
.....	<b>85</b>
<b>Figura A-3</b> .....	<b>85</b>
<i>Residuos para el O<sub>2</sub> de la motocicleta modificada.</i> .....	<b>85</b>
<b>Figura A-4</b> .....	<b>86</b>
<i>Residuos para el HC de la motocicleta modificada.</i> .....	<b>86</b>
<b>Figura A-5</b> .....	<b>86</b>
<i>Residuos para el CO de la motocicleta modificada</i> .....	<b>86</b>
<b>Figura A-6</b> .....	<b>86</b>
<i>Residuos para la potencia de la motocicleta modificada</i> .....	<b>86</b>
<b>Figura A-7</b> .....	<b>86</b>
<i>Residuos para la fuerza de la motocicleta modificada</i> .....	<b>86</b>
<b>Figura A-8</b> .....	<b>86</b>
<i>Residuos para el consumo de la motocicleta modificada.</i> .....	<b>86</b>
<b>Figura A-9</b> .....	<b>86</b>
<i>Optimización de respuesta de la motocicleta modificada</i> .....	<b>86</b>
<b>Figura A-10</b> .....	<b>86</b>
<i>Residuos para el HC de la motocicleta estándar</i> .....	<b>86</b>
<b>Figura A-11</b> .....	<b>86</b>
<i>Residuos para el O<sub>2</sub> de la motocicleta estándar</i> .....	<b>86</b>
<b>Figura A12</b> .....	<b>86</b>
<i>Residuos para la temperatura del motor de la motocicleta estándar</i> .....	<b>86</b>
<b>Figura A-13</b> .....	<b>86</b>
<i>Residuos para la fuerza del motor de la motocicleta estándar</i> .....	<b>86</b>
<b>Figura A-14</b> .....	<b>86</b>
<i>Residuos para la potencia del motor de la motocicleta estándar</i> .....	<b>86</b>
<b>Figura A-15</b> .....	<b>86</b>
<i>Residuos para el CO de la motocicleta estándar</i> .....	<b>86</b>
<b>Figura A-16</b> .....	<b>86</b>
<i>Residuos para el CO<sub>2</sub> de la motocicleta estándar</i> .....	<b>86</b>
<b>Figura A-17</b> .....	<b>86</b>

<i>Residuos para el consumo del motor de la motocicleta estándar</i> .....	86
<b>Figura A-18</b> .....	86
<i>Optimización de respuesta de la motocicleta estándar</i> .....	86
<b>Figura A-19</b> .....	86
<i>Media de consumo de motocicleta modificada</i> .....	86
<b>Figura A-20</b> .....	86
<i>Media de consumo de motocicleta estándar</i> .....	86

## 1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad en el Ecuador el número de motocicletas ha aumentado en un 12 % de acuerdo con las cifras que tiene la Asociación de Empresas Automotrices (AEADE), existen varios factores que han impulsado el auge de las motos año tras año, empezando desde su bajo precio de adquisición en comparación con autos u otros vehículos.

Las motos no son usadas únicamente para trasladarse de un lugar a otro, sino que más bien algunas personas las ven como una oportunidad de trabajo, permitiendo que la oferta y demanda de motocicletas en el Ecuador creciera mucho más desde que se produjo la pandemia.

Esto se debe a que varias personas quedaron desempleadas las cuales optaron por buscar otros medios de trabajo para subsistir como ser repartidores de alimentos y dar servicio de transporte, agilizando mucho más el trabajo, además de disminuir el tráfico y generar un ahorro en combustible para el dueño del automotor.

Es por eso por lo que es muy importante estudiar el funcionamiento de las motocicletas y sus componentes como ejes de levas, tubos de escape, válvulas de admisión y escape, pistón, etc. Con la finalidad de mejorar el rendimiento de las prestaciones del motor sin exceder el límite de emisiones establecidos, lo cual es beneficioso para todos los clientes, comerciantes de motocicletas y vendedores de sus componentes, además que se podría ayudar a mejorar la calidad del aire y disminuir la contaminación al medio ambiente provocada por el exceso de gases mal combustionados.

## 2. PROBLEMA

En los últimos años el Ecuador ha tenido un crecimiento en ventas de motocicletas, sobre todo al finalizar el año 2021, las ventas aumentaron en 12% dando un total de 164706 unidades según la (AEADE); lo cual es beneficioso para la economía del país; en este sentido existen muchas empresas dedicadas a la venta de motocicletas y sus partes; este es el caso de la empresa IMMER de la ciudad de Cuenca, misma que se dedicada a la importación y comercialización de componentes de motocicletas, de procedencia brasileña; sin embargo se carece de información técnica como la potencia, par motor, duración y rendimiento que brindan estos elementos una vez que llegan a ensamblarse en las motocicletas; tampoco se conoce cuál es el comportamiento del motor cuando estos repuestos forman parte de un grupo mecánico o sistema auxiliar de la motocicleta.

### 2.1. Antecedentes

Las motocicletas a lo largo del tiempo han ido evolucionando en la fabricación de sus elementos; buscando ser amigables con el medio ambiente, brindando seguridad y altas expectativas de funcionamiento para el usuario, es así que se fabrican tubos de escape por donde se evacuan los gases productos de la combustión utilizando varios sistemas de volúmenes con la finalidad de reducir el ruido, además que cuentan con catalizadores que ayudan a disminuir la contaminación generada por los gases, por otra parte tenemos el eje de levas el cual se encarga de la apertura y cierre de válvulas de admisión y escape, el cual cambia los ángulos de separación de las levas que ayudan a mejorar prestaciones como el par y potencia, aunque estos elementos son sofisticados se carece de información técnica que demuestre el comportamiento del motor cuando estas piezas son empleadas en la motocicleta.

## 2.2. Importancia y alcances

Este estudio va en beneficio de la empresa IMMER de la ciudad de Cuenca, el grupo de investigación en eficiencia energética de la Universidad Politécnica Salesiana, a empresas vinculadas al mantenimiento de motocicletas y para todos los estudiantes de la carrera de Ingeniería Automotriz quienes se beneficiarían con la información técnica adquirida del comportamiento del motor cuando se implementa componentes auxiliares como un eje de levas modificado y un tubo de escape de competencia en una motocicleta.

## 2.3. Delimitación

Este proyecto técnico, se desarrollará en Ecuador, provincia del Azuay, Ciudad de Cuenca la cual se encuentra a 2500 metros sobre el nivel del mar, en la avenida Turuhuayco y calle vieja.

**Figura 1**  
*Ubicación de la Universidad Politécnica Salesiana*



*Fuente:* Google Maps, 2022.

### 3. OBJETIVOS

#### 3.1. Objetivo general

Analizar el motor de una motocicleta mediante pruebas de funcionamiento con aplicación de un escape de competencia y eje de levas modificado para la determinación del comportamiento de la potencia, torque y emisiones de gases de escape.

#### 3.2. Objetivos específicos

- Realizar un levantamiento de información técnica de un eje de levas modificado y un escape de competencia de una motocicleta de diferentes fuentes bibliográficas.
- Establecer un diseño de experimentos de pruebas de laboratorio y de carretera para la obtención de datos del comportamiento del motor implementando las modificaciones en la motocicleta.
- Efectuar las pruebas mediante un banco dinamométrico para la obtención de potencia, velocidad, torque, temperatura del motor y emisiones.
- Analizar los resultados obtenidos en las distintas condiciones de funcionamiento mediante gráficas de un software de ingeniería.

## 4. FUNDAMENTACIÓN TEORICA

### 4.1. Motores de combustión 4 tiempos

En la actualidad las motocicletas implementan motores de 4 tiempos para cualquier prototipo, estos motores deben realizar 4 etapas para obtener un ciclo completo de trabajo, las cuales consisten en admisión, compresión, expansión y escape de gases (Valenzuela, 2021).

Durante la primera etapa se abre la válvula de admisión, el pistón baja al punto muerto inferior permitiendo que entre la mezcla aire combustible en la cámara de combustión luego se cerrara la válvula de admisión para terminar la primera fase.

La segunda fase es el proceso de compresión en el cual el pistón sube hacia el punto muerto superior comprimiendo la mezcla aire combustible, para que posteriormente se produzca una chispa mediante una bujía y de inicio a la combustión.

En la tercera etapa de expansión aporta trabajo ya que el pistón tiende a bajar al punto muerto inferior por causa de la presión ejercida al momento de iniciarse la combustión.

En la última etapa de escape se abre la válvula de escape y el pistón desde el punto muerto inferior sube hasta alcanzar el punto muerto superior lo cual permite que los gases producto de la combustión sean evacuados (Pérez Vilda, 2019).

Es así que, desde la creación del primer vehículo de motor de combustión interna en el año de 1885 hasta la actualidad, se ha convertido en una necesidad poseer un vehículo para transportarse, en el trayecto de todo este tiempo ha evolucionado en diferentes aspectos como confort, velocidad, elementos de seguridad, etc.

El motor de 4 tiempos dispone de varios elementos internos, que funcionan de manera sincronizada para lograr un funcionamiento eficiente de dicha máquina, en este sentido los elementos más importantes son; culata, bloque, cárter, pistón, biela, cigüeñal, eje de levas, bomba de aceite, bomba de agua, tubo de escape, entre otros; de estos elementos a



continuación se explicara solamente el eje de levas y el tubo de escape motivo principal de este tema de investigación.

## **4.2. Eje de levas y tubo de escape.**

### **4.2.1. Eje de levas**

El eje de levas desde su integración en el motor ha tenido cambios significativos, como el adelantar, retardar y variar la apertura y cierre de las válvulas, también la alzada de válvulas, etc.

Este mecanismo de levas, aunque es sencillo, ha tenido como objetivo principal mejorar su geometría, lo cual ha sido fundamental en el funcionamiento del motor; gracias a ello se ha podido sincronizar de manera precisa la apertura y cierre de válvulas al combinarse en un solo elemento generando una mayor potencia en el motor (Juncá Fernández, 2017).

Los motores presentan vibraciones significativas como la oscilación de la velocidad del árbol de levas, esta se debe a la torsión resistiva oscilante requerida para liberar y comprimir los resortes de válvula (Ying-lin et al., 2017).

### **4.2.2. Leva**

Es un elemento ovalado que permite abrir y cerrar válvulas, el cual imparte movimiento específico para impulsar otro elemento por contacto directo llamado seguidor, además son sencillos y cuenta con pocas piezas móviles y área reducida (Jr, 2001).

Las levas son el principal elemento mecánico que tiene el eje para ofrecer un mayor tiempo de resistencia en el desgaste de su contorno, estas suelen ser construidas de acero forjado o hierro fundido. Las cuales funcionan en orden de encendido logrando un efecto de vaciado y llenado de mezcla en la cámara de combustión (Aguayo & Gronneberg, 2010).

### 4.2.3. Funcionamiento de un árbol de leva

El principal trabajo del árbol de levas es el de convertir un movimiento rotatorio en movimiento de traslación, como ya antes mencionado su función principal es la apertura y cierre de válvulas. Todos los parámetros que realiza la leva dependen de la geometría de la misma, los mismos que son la elevación máxima, los instantes de subida y bajada, tiempo de elevación y su velocidad (Juncá Fernández, 2017).

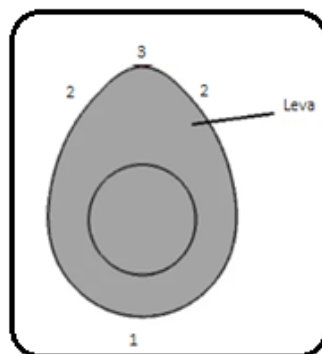
### 4.2.4. La importancia de las levas y su silueta

En el eje se encuentra los lóbulos donde la forma y su posicionamiento establecen el tiempo de una leva. Por otra parte, la elevación, la solidez, la superposición y la sincronización afectarían al rendimiento, velocidad de giro y la potencia del motor. Debido que si se modifica el perfil de la leva se debe cambiar las características o condiciones antes mencionadas, gracias a la silueta de la leva se puede determinar el diagrama de distribución y las condiciones de funcionamiento (Gillieri, 2007).

### 4.2.5. Regiones de la leva

La leva consta de manera general de cuatro regiones que se identifican en el contorno de la leva Figura 2.

**Figura 2**  
*Contorno de una leva*



*Fuente:* Carlos Domínguez Monferrer, 2018.

En la Figura 2 se puede distinguir varias regiones, como número (1) se tiene una parte con mayor circunferencia que se denomina círculo primitivo, cuando la leva se encuentra en esta posición la válvula está cerrada. A continuación, se encuentra la zona número (2) que se denomina como flancos de la leva, la zona número (3) es donde se cierra la leva y se denomina como nariz, la misma que tiene un radio más pequeño y determina el máximo levantamiento de la válvula (Gillieri, 2007).

Los flancos de la leva establecen la zona de aceleración en el instante de la apertura y la desaceleración en el instante del cierre de la válvula, en el caso de la nariz hace referencia a todo lo contrario al momento de la desaceleración la válvula se abre y en el cierre corresponde a la aceleración.

Al momento de realizar una modificación en el perfil de la leva como el incremento de esta, se tiene un mayor tiempo de apertura y cierre de la válvula. En el caso de modificar la forma de la nariz se tiene diferentes formas como redondeadas, puntiagudas o mixtas, tal cual que cuando se quiere que el desplazamiento sea más armónico la nariz de la leva deberá ser más ovalada (Aguayo & Gronneberg, 2010).

#### 4.2.6. Tipos de levas

Existen varios tipos de levas que presentan diferentes características las cuales se describen a continuación:

#### 4.2.7. Leva Simétrica

**Figura 3**  
*Leva simétrica*



*Fuente:* Leandro Aguayo e Inti Gronneberg, 2010.

Se llaman levas simétricas las que tienen igual patrón en ambos flancos el de cierre y de apertura, siendo así el movimiento armónico. Este tipo de leva de la figura 3 es muy utilizada en motores de combustión interna por su diseño y factibilidad de cálculo. También se ha tomado en cuenta los factores de velocidad de desplazamiento y de rodadura entre la leva y el empujador al momento de modificar una leva para la obtención de un mejor diseño (Aguayo & Gronneberg, 2010).

#### **4.2.8. Leva Asimétrica**

Este tipo de leva es donde los perfiles de los flancos y la nariz de la leva con relación a la línea central del lóbulo no son simétricos, al contar con esta forma se logra una apertura que levante la válvula rápidamente, y un flanco de cierre que permitirá que la válvula repose lentamente (Aguayo & Gronneberg, 2010).

#### **4.2.9. Leva de Admisión**

Son aquellas que abren y cierran las válvulas de admisión, en un motor de cuatro tiempos la válvula se abre en el punto muerto superior (PMS) y se cierra en el punto muerto inferior (PMI), y en las válvulas de escape sucedería lo contrario. En contexto esto no sucede, sino que estos puntos ayudan a corregir y mejorar el funcionamiento del motor (Aguayo & Gronneberg, 2010).

#### **4.2.10. Leva de Escape**

Cumple con la misma función que la leva de admisión, estas se coordinan para dejar escapar los gases quemados, por otro lado, la válvula de escape es de menor sección que la de admisión (Aguayo & Gronneberg, 2010).

#### **4.2.11. Designación y cálculos del árbol de levas**

No hay una pauta establecida para la elección de los ángulos de apertura y cierre de válvulas, se coloca de acuerdo con los datos obtenidos y ensayos realizados.

**Tabla 1**  
Simbologías y definiciones 1

SIMBOLOGÍA	DEFINICIÓN
AAA	Avance, apertura y admisión (APMS)
RCA	Retardo, cierre y admisión (DPMS)
AAE	Avance, apertura y escape (APMI)
RCE	Retardo, cierre y escape (DPMI)

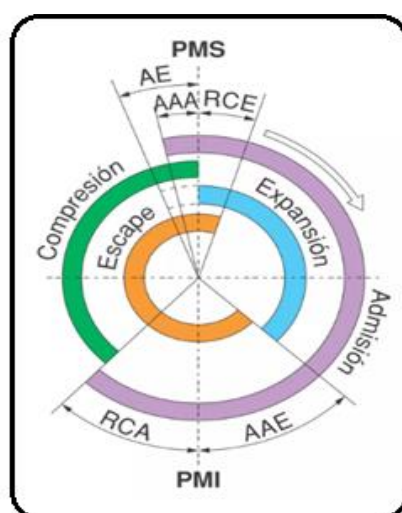
Fuente: Carlos Funes, 2022.

**Tabla 2**  
Simbologías y definiciones 2

SIMBOLOGÍA	DEFINICIÓN
APMS	Antes del punto muerto superior
DPMS	Después del punto muerto superior
APMI	Antes del punto muerto inferior
DPMI	Después del punto muerto inferior

Fuente: Carlos Funes, 2022.

**Figura 4**  
Diagrama de mando ciclo Otto



Fuente: Nicolás Colado, 2015.

- Para el cruce de válvulas se realiza la siguiente suma

$$(AAA + RCE) \quad (1)$$

- Se calcula la duración de la carrera de admisión en grados de cigüeñal con la siguiente ecuación:

$$DA = (180^\circ + RCA + AAA) \quad (2)$$

- Se calcula la duración de la carrera de escape en grados de cigüeñal con la siguiente ecuación:

$$DE = (180^\circ + RCE + AAE) \quad (3)$$

- Para calcular el tiempo de duración de la admisión se aplica la siguiente ecuación:

$$TA = (180^\circ + AAA + RCA) / (6 * RPM) \text{ seg} \quad (4)$$

- Para calcular el tiempo de duración del escape se aplica la siguiente ecuación:

$$TE = (180^\circ + AAE + RCE) / (6 * RPM) \text{ seg} \quad (5)$$

- Determinamos con la siguiente formula el desplazamiento del pistón para un ángulo determinado del cigüeñal:

$$AB = r(1 - \cos \epsilon) + L(1 - \sqrt{1 - (H)^2 \sin^2 \epsilon}) \quad (6)$$

$$H = \frac{r}{L} \quad (7)$$

donde:

- Se designa ( $r$ ) al radio del cigüeñal
- Se designa a ( $\epsilon$ ) al ángulo que forma la vertical que pasa por el centro de la biela
- Se designa ( $L$ ) como la longitud de la biela

#### 4.2.12. Método de la tangente

El método de la tangente es un método gráfico que permite diseñar el perfil de la leva con valores predeterminados.

1. La siguiente formula es el ángulo de la admisión correspondiente al árbol de levas:

$$\partial = \frac{DA}{2} \quad (8)$$

2. Siguiete designación ( $\Omega$ ) representa al ángulo determinado por el juego entre el botador y la leva.

3. La letra ( $d$ ) representa al diámetro del núcleo del árbol de levas.

4. La letra ( $J$ ) representa el juego entre el botador y la leva.

5.  $HE = \text{alzada}$

$$6. g = d + 2J \quad (9)$$

$$7. i = HE + J \quad (10)$$

$$8. \text{Cos } \Omega = d/g \quad (11)$$

$$9. \Omega = \text{arco coseno } d/g \quad (12)$$

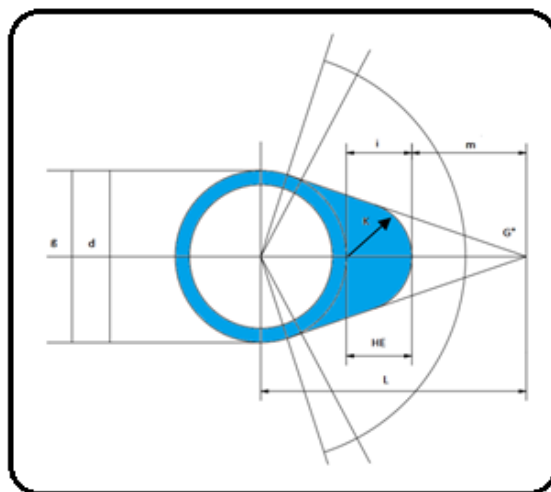
$$10. L = (d/2) / \cos \left( \frac{\partial}{2} + \Omega \right) \quad (13)$$

$$11. m = L - (d/2 + i) \quad (14)$$

$$12. K = (m \times \text{Seng}) / (1 - \text{Seng}) \quad (15)$$

$$13. G^\circ = 90 - (\partial/2 + \Omega) \quad (16)$$

**Figura 5**  
Guía para el trazo de perfil de la leva



Fuente: Carlos Funes, 2022.

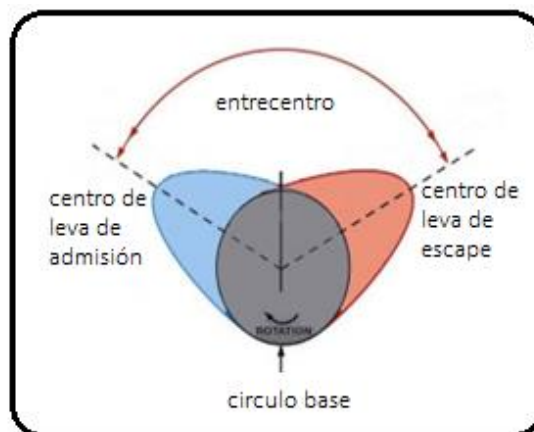
#### 4.2.13. Cálculo del ángulo entre levas

El ángulo entre las levas de escape y admisión es aplicable para levas asimétricas y simétricas y se calcula con la siguiente fórmula:

$$Angulo = \left[ \frac{(AAA + 180^\circ + RCA)}{4} + \frac{AAE + 180^\circ + RCE}{4} - \frac{AAA + RCE}{2} \right] \quad (17)$$

En la figura 6 se representa el ángulo que se da entre la leva de admisión y la de escape.

**Figura 6**  
*Ángulo entre leva de escape y leva de admisión*



Fuente: Levas Crespo, 2022.

#### 4.2.14. Tubos de escape

Los tubos de escape son los encargados de evacuar los gases producidos por un motor de combustión interna, disminuyendo el ruido y la presión con la que estos salen hacia el exterior, esto se debe a que el sistema de escape está conformado por tubos de enlace, silenciadores de escape y accesorios (Fau, 2004).

Existen ciertas condiciones a tomar en cuenta al momento de colocar un tubo de escape, ya que no se puede colocar cualquier tubo de escape, sino que se debe considerar el tipo de vehículo y el modelo del motor en el que se va a emplear (Zabalza & Rípodas, 2015).



#### **4.2.15. Función de los tubos de escape**

Ayuda a reducir las emisiones contaminantes, disminuir la temperatura y guía los gases de escape del motor hacia el exterior, otra función muy importante es la de reducir los niveles de ruido al pasar por un silenciador que cuenta con 4 procesos la reflexión, absorción, presión, y la interferencia.

Durante el proceso de reflexión el sonido rebota contra las paredes de los circuitos en el interior del silenciador. Como segundo proceso está la absorción en la que los gases pasan por una lana de vidrio para poder disminuir el ruido a altas frecuencias. En la tercera etapa se reduce la presión de los gases haciéndolos pasar por un tubo de grandes dimensiones. Finalmente, en el proceso de interferencia el ruido suele ser eliminado por ondas presentes que tienen diferente frecuencia de vibración (Fau, 2004).

#### **4.2.16. Tipos de tubos de escape**

Existen tubos de escape homologados y no homologados, los tubos homologados cuentan con un circuito interno para que se produzca la reflexión, en cambio los tubos no homologados no tienen un circuito interno lo que hace inexistente la fase de reflexión esto se debe a que el tubo interno es de paso directo de gases.

En las competencias de motocicletas de 4 tiempos los tubos de escape estándar suelen ser reemplazados por tubos de competencia no homologados con la finalidad de incrementar las características mecánicas de la motocicleta.

Entre algunas ventajas que ofrece tener tubos no homologados se encuentra el aumento de potencia y del par motor, es por ello que es muy factible utilizarlos para las competencias ya que se obtiene más velocidad y una mejor aceleración (Fau, 2004).

#### **4.2.17. Composición del sistema de escape**

Los tubos de escape están compuestos por varios elementos que están divididos en 2 fracciones la primera para la parte caliente y la segunda para la parte fría, la parte caliente se

encuentra más cercana al motor la cual está conformada por colector de escape, tubo flexible, y catalizador. En cambio, los elementos que componen la parte fría se encuentran bajo el automóvil sujetos mediante varillas y silentblocks se localizan a partir de la válvula de control hasta llegar hacia los tubos de cola (Zabalza & Rípodas, 2015).

#### **4.2.18. Colector de escape**

Es un conjunto de tubos que suelen ser fabricados de aluminio o de acero inoxidable para que puedan soportar elevadas temperaturas, se encuentran unidos a cada cilindro del motor lo que permite que los gases producidos en la combustión sean guiados hacia el exterior (Zabalza & Rípodas, 2015).

#### **4.2.19. Tubo flexible**

Hace referencia a un tubo de metal cubierto mediante una malla de protección que impide la transmisión de esfuerzos y vibraciones, esto lo hace al desacoplar el desplazamiento que genera el motor para poder evitar daños que se puedan producir en el chasis, está ubicado antes del catalizador (Zabalza & Rípodas, 2015).

#### **4.2.20. Catalizador**

Es un elemento conformado por un ladrillo cerámico compuesto de celdillas, una manta protectora y una envolvente fabricada de acero inoxidable que cubre el ladrillo y la manta protectora, además el catalizador genera 2 reacciones para disminuir la toxicidad de los gases generados por los motores de combustión interna, con la finalidad de ayudar al medio ambiente y a su vez mejorar la calidad de aire cumpliendo con la normativa vigente que regula las emisiones contaminantes.

La primera reacción de oxidación se acelera mediante un catalizador el cual utiliza platino o paladio, lo que permite reducir la contaminación al oxidar el monóxido de carbono y los hidrocarburos que no se quemaron completamente. La segunda reacción de reducción

de igual manera se acelera al emplear un catalizador que usa un material llamado rodio para disminuir los óxidos de nitrógeno (Zabalza & Rípodas, 2015).

#### **4.2.21. Filtro para partículas**

Este elemento es el encargado de filtrar impurezas el cual consta de un ladrillo cerámico que contiene un modelo de celdillas opuesto con la finalidad de atrapar partículas y reducir mucho más la contaminación que las impurezas generan (Labiano, 2010).

#### **4.2.22. Tubos intermedios**

Los tubos intermedios tienden a ser largos y se deben adecuar a la forma que tiene el chasis de cada vehículo, suelen estar elaborados de acero inoxidable el cual es un material conductor, estos elementos se encuentran entre la primera marmita y a un lado de los tubos finales, dichos elementos permiten disminuir la temperatura con la que los gases de escape se mueven en su interior, es importante tener en cuenta la dimensión de los tubos ya que entre más grande sea el diámetro del tubo menor será resistencia y se perderá menos potencia cuando los gases tiendan a salir (Labiano, 2010).

#### **4.2.23. Marmitas o mufflers**

Estos elementos mitigan las ondas sonoras de ciertas frecuencias en particular, esto se debe a que su estructura interna está conformada por elementos como un dispositivo de Helmholtz que disminuye las frecuencias menores, un tubo perforado que provoca disipación resistiva y reactiva, un bypass que disminuye la frecuencia al crear un desfase de onda, también consta de fibra de vidrio mayormente conocido como E-Glass la cual tiene buenas propiedades de resistencia además que permite disminuir el ruido generado, un Bean Can que se encarga de reducir las frecuencias elevadas y finalmente los Baffles los cuales permiten adquirir numerosos efectos no obstante se puede encontrar en algunas ocasiones algunos modelos que cuenten con perforaciones.

Es importante tener en cuenta que antes de colocar una marmita se debe verificar el tipo de vehículo, la geometría de este, las dimensiones, la temperatura, peso, vibraciones, componentes internos entre otros (Labiano, 2010).

#### **4.2.24. Varillas de sujeción y silentblocks**

Las varillas de sujeción son pequeños tubos que están soldados en varios puntos al sistema, además de ser las encargadas de asegurar contra el chasis al silenciador. Los silentblocks son elementos flexibles los cuales se incrustan en el chasis y las varillas de sujeción a través de agujeros.

Los elementos de sujeción deben tener buena flexibilidad y a la vez no deben admitir demasiado movimiento por parte del silenciador. Los componentes más usados para la parte fría suelen ser los EPDM también llamados silentblocks negros y para la parte caliente que son de silicón suelen ser llamados silentblocks rojos (Labiano, 2010).

#### **4.2.25. Tubos de cola**

Este elemento es la parte final que tienen los tubos de escape la cual sobresale en la parte posterior del vehículo, el mismo que tienden a generar distintos valores de contrapresión y contaminación por ondas sonoras dependiendo de la longitud del tubo y la sección con la que cuenta (Labiano, 2010).

#### **4.2.26. Cálculos de los tubos de escape**

Para la determinación de las dimensiones de un tubo de escape es necesario realizar el siguiente procedimiento con la finalidad de mejorar y aprovechar la presión que crean los gases producto de la combustión los cuales generan una onda.

Es de suma importancia recalcar que los científicos Alexander Bell y Stefano Gillieri establecieron una guía con la finalidad de asemejar las medidas que puede tener un sistema de escape (Baquero, 2017).

Para encontrar el diámetro interno y la longitud de un colector de escape 4-1 según Alexander Bell primero se debe calcular la longitud, para ello se utiliza la siguiente ecuación expresada en pulgadas:

$$P'' = \frac{850 \cdot ED}{n} - 3 \quad (18)$$

en donde:

- 1 pulgada = 25,4 mm
- $P''$  = longitud de un colector expresado en pulgadas.
- ED = es la duración que tiene la carrera de escape expresada en grados centígrados sumando el adelanto de la apertura de la válvula de admisión con relación del punto muerto inferior.
- n = son las revoluciones por minuto (rpm) expresadas en  $min^{-1}$ .

Ahora se procede a encontrar el diámetro del interior por medio de la siguiente ecuación:

$$ID = \sqrt{\frac{cc}{(P'' + 3) \cdot 25}} \cdot 2.1 \quad (19)$$

teniendo en cuenta que:

- cc = es la cilindrada unitaria de los vehículos expresada  $cm^3$ .
- ID = diámetro interno colector primario.

Para obtener la longitud del tramo final Alexander Bell nos menciona que se le debe sumar 3 pulgadas a la longitud que tiene el colector primario, en cambio para adquirir el diámetro del tramo final o de salida se necesita emplear la siguiente ecuación:

$$ID3 = \sqrt{\frac{cc \cdot 2}{(P'' + 3) \cdot 25}} \cdot 2 \quad (20)$$

teniendo en cuenta que:

- $ID_3$  = diámetro del tramo final.
- $cc$  = es la cilindrada unitaria de los vehículos expresada  $cm^3$ .
- $P''$  = longitud del colector primario expresado en pulgadas.

Al resolver todas las ecuaciones obtendremos los parámetros de longitud primaria, diámetro del colector primario, longitud y diámetro del tramo final del colector, en caso de ser un sistema 4-2-1 se añade un colector secundario al sistema el cual cuenta con una longitud y un diámetro secundario.

Alexander Bell menciona que en este tipo de sistemas la longitud del colector primario tendría que medir siempre 381 mm o 15 pulgadas, por lo tanto, la longitud del colector secundario sería la resta de la longitud del colector primario menos la longitud que siempre debería medir 381 mm. Para encontrar el diámetro de este colector secundario se utilizará la siguiente ecuación:

$$IDS = \sqrt{ID^2 \cdot 2 \cdot 0.93} \quad (21)$$

teniendo en cuenta que:

- $IDS$  = diámetro interno del colector secundario.
- $ID$  = diámetro interno del colector primario.

Finalmente, al emplear todas las ecuaciones mencionadas se obtendrán las dimensiones de longitud y diámetro para el colector primario, colector secundario además del tramo final (Baquero, 2017).

En cambio, según el autor Stefano Gillieri menciona que al momento de realizar el cálculo para encontrar la longitud que tiene el colector de escape desde la válvula se debe utilizar la siguiente ecuación:

$$Lc = \frac{13000 \cdot Ge}{n \cdot 6} \quad (22)$$

teniendo en cuenta que:

- $L_c$  = es la longitud que tiene el colector del escape.
- $G_e$  = son los grados para abrir la válvula de escape.
- $n$  = hace referencia a las revoluciones cada minuto del motor (rpm).

Como la distancia que se obtiene es a partir la válvula entonces se deberá restar la distancia que tiene el puerto de escape y la extensión de los conductos, con la finalidad de adquirir la distancia total medida desde la válvula hasta el tramo final del escape.

Para obtener el diámetro del colector Gillieri nos menciona que se puede ocupar la siguiente ecuación en caso de ser tubos rectos, pero como los tubos de escape en su mayoría son curvos deberá añadir al diámetro un 10% más al valor que se obtenga al emplear la ecuación:

$$\phi = 2 \cdot \sqrt{\frac{V_C \cdot 2}{L_C \cdot \pi}} \quad (23)$$

teniendo en cuenta que:

- $\phi$  = diámetro del colector secundario.
- $V_C$  = cilindrada unitaria.
- $L_c$  = es la longitud que tiene el colector del escape.

Finalmente, para obtener el diámetro del tramo final se emplea la siguiente ecuación:

$$\phi_f = 2 \cdot \sqrt{\frac{V_T}{L_C \cdot \pi}} \quad (24)$$

teniendo en cuenta que:

- $\phi_f$  = diámetro del tramo final.
- $V_T$  = cilindrada total.
- $L_c$  = es la longitud que tiene el colector del escape.

Al desarrollar todas las ecuaciones mencionadas por Stefano Gillieri se obtendrán datos de la longitud y diámetro del colector primario, longitud del colector secundario además del diámetro del tramo final (Gillieri, 2007).

#### 4.2.27. Otra forma de calcular las dimensiones del escape

Según el libro diseño de motores para competición de Carlos Funes nos menciona que se puede calcular la longitud del múltiple con la siguiente ecuación:

$$LM = \frac{12980 \cdot (AAE + 180^\circ + RCE)}{Rpm \cdot 6} \text{ (cm)} \quad (25)$$

teniendo en cuenta que:

- LM = longitud del múltiple de escape (cm).
- AAE = avance de apertura del escape expresado en grados.
- RCE = retraso del cierre de escape expresado en grados.
- Rpm = las revoluciones a máxima potencia.

Una vez calculada la longitud del múltiple de escape se puede calcular el diámetro que tienen los tubos del múltiple mediante la siguiente ecuación:

$$DCM = 2 \cdot \sqrt{\frac{Cil\ unitaria \cdot 2}{LM \cdot \pi}} \text{ (cm)} \quad (26)$$

Teniendo en cuenta que:

- DCM = diámetro de los tubos del múltiple expresado en cm.
- LM = longitud del múltiple expresado en cm.

Ahora para determinar el diámetro que deben tener los tubos de salida se necesita emplear la siguiente ecuación:

$$DEE = 2 \cdot \sqrt{\frac{Cil\ total}{LM \cdot \pi}} \text{ (cm)} \quad (27)$$

en donde:



- DEE = es el diámetro de los tubos de salida expresado en cm.
- LM = longitud del múltiple expresado en cm.

#### 4.2.28. Cálculo de la cámara de expansión

Esta cámara es como un silenciador vacío que se usa para expandir los gases, la cual cuenta con un volumen pequeño semejante a 8 veces la cilindrada unitaria del motor, el diámetro de la entrada debe ser igual al del diámetro de los tubos de salida (DEE), y el diámetro de salida se lo calcula mediante la siguiente ecuación:

$$D_s = \sqrt{\frac{4 \cdot B}{\pi}} \quad (28)$$

en donde:

- $D_s$  = es diámetro de salida de la cámara de expansión.
- $B$  = es el diámetro que tiene la cámara.

Para encontrar la longitud que tiene la cámara se emplea la siguiente formula:

$$LC = \frac{4 \cdot \text{volumen de la camara}}{\pi \cdot (DX)^2} \quad (29)$$

teniendo en cuenta que:

- $DX$  = diámetro de la cámara.

Dichos cálculos son básicos pero muy efectivos para usarse si se requiere hacer un diseño experimental para utilizar un sistema de escape determinado (Funes, 2008).

## 5. DISEÑO DE EXPERIMENTOS PARA LA OBTENCIÓN DE DATOS DEL COMPORTAMIENTO DEL MOTOR

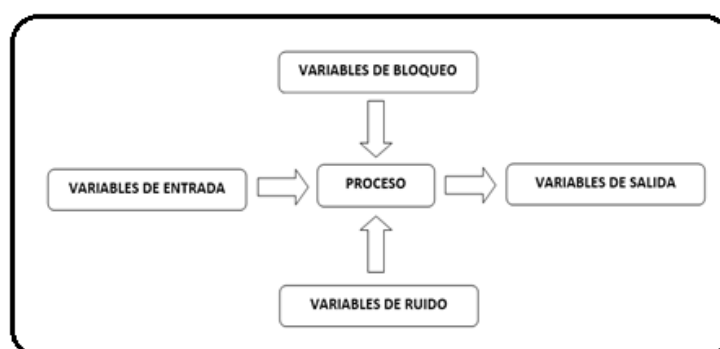
Este capítulo trata sobre la elaboración de un diseño de experimentos el cual se define como un método muy eficaz para adquirir información sobre un proceso examinado de manera estadística, en el cual se evidencia si es que existe una mejora en el transcurso de dicha experimentación. El experimento se basa en la implementación de un eje de levas modificado y un tubo de escape de competencia para una motocicleta, el mismo que tiene como objetivo estudiar el comportamiento de las prestaciones que genera el motor al momento que se implementen los componentes auxiliares mencionados.

### 5.1. Elaboración del diseño de experimentos para pruebas en la motocicleta

Para la obtención de datos del comportamiento que tiene el motor antes y después de las modificaciones se elabora un diseño de experimentos, en el cual se recopila múltiples datos a través de una serie de pruebas las cuales puedan demostrar si es que existen cambios en las prestaciones que genera el motor de la motocicleta.

El diseño experimental cuenta con variables de entrada, de bloqueo, de ruido y de salida o de respuesta.

**Figura 7**  
*Factores que intervienen en el desarrollo experimental*



*Fuente:* Rivera & Chica, 2015.

### 5.1.1. Variables de entrada

Estas variables también son conocidas como variables de estudio, hacen referencia a las variables que no dependen de otra es decir son totalmente independientes (Rivera & Chica, 2015).

En la siguiente tabla se puede observar las variables de entrada requeridas:

**Tabla 3**  
*Variables de estudio*

VARIABLE DE ENTRADA	SÍMBOLO	UNIDAD
Combustible	R	Ron
Eje de levas 1	CM <sub>1</sub>	∠
Eje de levas 2	CM <sub>2</sub>	∠

*Fuente:* Autores, 2022.

### 5.1.2. Variables de bloqueo

Las variables de bloqueo son factores que se pueden controlar, es decir aquellos factores que están en el proceso de experimentación, pero a su vez no intervienen en la salida del sistema (Rivera & Chica, 2015).

**Tabla 4**  
*Variables de bloqueo*

VARIABLES DE BLOQUEO	SÍMBOLO	UNIDAD
Régimen de giro	$\eta$	Rpm
Temperatura del aceite del motor	T <sub>aceite</sub>	°C
Temperatura del motor	T <sub>motor</sub>	°C

*Fuente:* Rivera & Chica, 2015.

### 5.1.3. Variables de ruido

Estas variables dependen mucho del lugar en donde se realice el experimento, ya que existen factores que pueden alterar las variables de salida como la presión atmosférica, la temperatura del aire, temperatura del combustible y humedad relativa del aire (Rivera & Chica, 2015).

**Tabla 5**  
*Variables de ruido*

VARIABLES DE RUIDO	SÍMBOLO	UNIDAD
Presión atmosférica	$P_{atm}$	Pa
Temperatura del aire	$T_{ambiente}$	°C
Temperatura del combustible	$T_{comb}$	°C
Humedad relativa del aire	$H_{ret}$	°C

*Fuente:* Rivera & Chica, 2015.

### 5.1.4. Variables de salida

Estas variables también son conocidas como variables de respuesta, hacen referencia a los valores a los cuales se desea ajustar al sistema, con la finalidad de mejorar el proceso del mismo (Rivera & Chica, 2015).

**Tabla 6**  
*Variables de salida*

VARIABLES DE SALIDA	SÍMBOLO	UNIDAD
Potencia	P	W
Consumo de combustible	C	L/km
Fuerza	F	N
Monóxido de carbono	CO	%
Dióxido de carbono	CO <sub>2</sub>	%

Hidrocarburos no combustionados	HC	Ppm
Oxígeno	O <sub>2</sub>	%

*Fuente: Rivera & Chica, 2015.*

## 5.2. Características de la motocicleta de pruebas

El automotor utilizado para las distintas pruebas de funcionamiento es una motocicleta Daytona Scrambler Revolution Dy.

**Figura 8**  
*Motocicleta de pruebas*



*Fuente: Daytona Motocicletas, 2020.*

Se puede observar las características que tiene la motocicleta para las distintas pruebas de funcionamiento en la tabla 7.

**Tabla 7**  
*Características de la motocicleta*

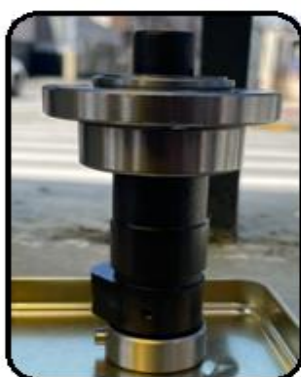
DESIGNACIÓN	DATO
Marca	Daytona
Modelo	Dy250 Scrambler Revolution
Cilindrada	250 cm <sup>3</sup>
Año	2023

<b>Motor</b>	4 tiempos
<b>Cilindros</b>	Monocilíndrico
<b>Transmisión</b>	6 velocidades
<b>Potencia</b>	19 HP a 8000 rpm
<b>Torque</b>	18 Nm a 6500 rpm

*Fuente:* Daytona Motocicletas, 2020.

### 5.2.1. Dimensiones del eje de levas modificado

**Figura 9**  
*Eje de levas*



*Fuente:* Autores, 2022.

**Tabla 8**  
*Dimensiones del eje de levas*

<b>DESIGNACIÓN</b>	<b>VALOR</b>	<b>UNIDAD</b>
Diámetro rodamiento grande	5.5	cm
Diámetro rodamiento pequeño	3.8	cm
Diámetro externo parte alargada	1.48	cm
Longitud total	8.8	cm

*Fuente:* Autores, 2022.

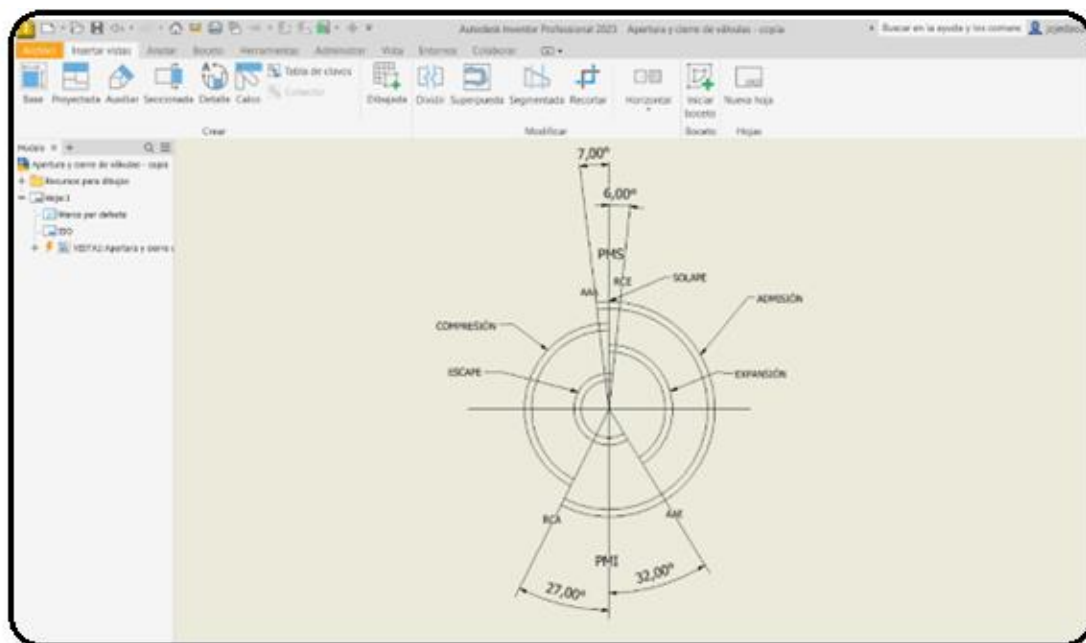
En la siguiente tabla se observa los ángulos de las levas para la apertura y cierre de válvulas de admisión y escape.

**Tabla 9**  
*Ángulos de apertura y cierre de válvulas*

<b>ÁNGULOS DE APERTURA Y CIERRE DE VÁLVULAS</b>					
	AAA (APMS)	RCA (DPMI)	AAE (APMI)	RCE (DPMS)	SOLAPE
Motocicleta estándar	7°	27°	32°	6°	13°
Motocicleta Modificada	10°	45°	47°	9°	19°

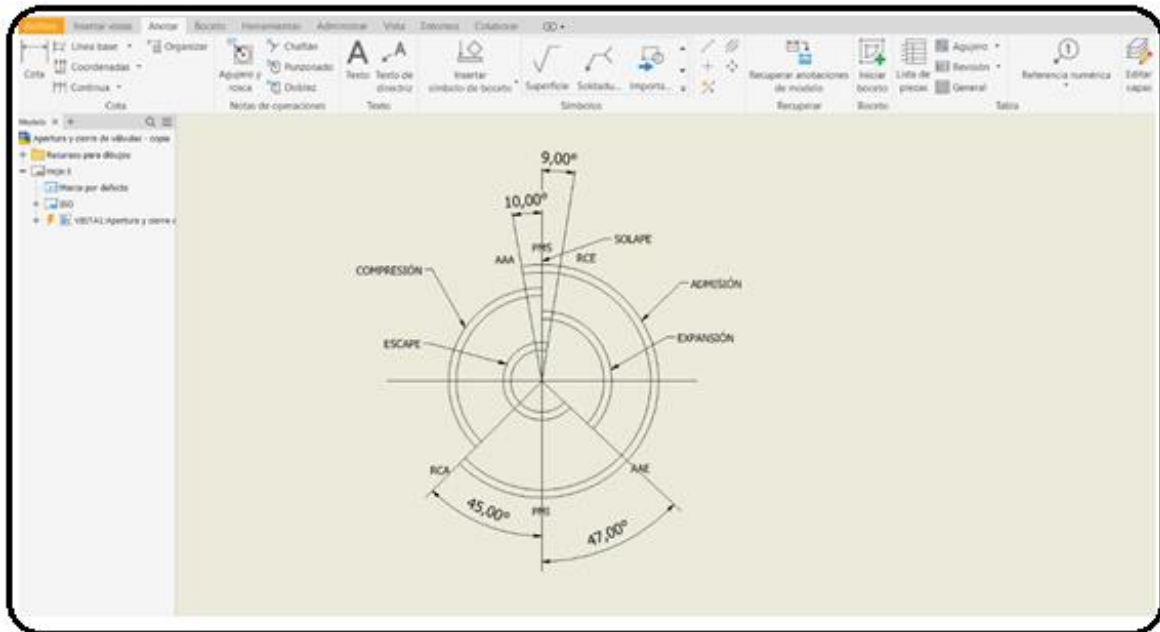
*Fuente:* Autores, 2022.

**Figura 10**  
*Apertura y cierre de válvulas motocicleta estándar*



*Fuente:* Autores, 2022.

**Figura 11**  
Apertura y cierre de válvulas motocicleta modificada



Fuente: Autores, 2022.

### 5.2.2. Dimensiones del tubo de escape modificado

En la figura 12 se puede observar el tubo de escape empleado para las pruebas de la motocicleta, se pueden observar sus dimensiones en la tabla 10.

**Figura 12**  
Tubo de escape



Fuente: Autores, 2022.



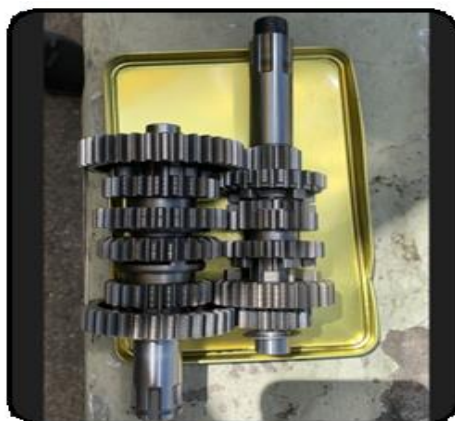
**Tabla 10**  
*Dimensiones del tubo de escape*

<b>DESIGNACIÓN</b>	<b>VALOR</b>	<b>UNIDAD</b>
Diámetro interno de la parte pequeña	2.15	cm
Diámetro externo de la parte pequeña	3.20	cm
Diámetro interno de la parte grande	1.84	cm
Diámetro externo de la parte grande	2.71	cm
Longitud total	143	cm

*Fuente:* Autores, 2022.

### 5.2.3. Eje primario y secundario

**Figura 13**  
*Eje primario y secundario*



*Fuente:* Autores, 2022.

En la figura 13 se puede observar el eje primario y secundario de la motocicleta de estudio, el eje primario es el que tiene menores dimensiones en sus engranajes.

### 5.3. Dispositivos y materiales empleados para el diseño de experimentos

#### 5.3.1. Analizador de gases

El analizador de gases es un instrumento que se coloca en el escape de un vehículo el cual permite medir los gases que se generan por la combustión dentro de un motor. Para el desarrollo experimental se utiliza el analizador MGT 5 para el estudio de gases como hidrocarburos no combustionados (HC), monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), óxidos nitrosos (NO<sub>x</sub>) y el oxígeno (O<sub>2</sub>).

**Figura 14**  
*Analizador de gases MGT 5*



*Fuente: Autores, 2022.*

#### 5.3.2. Aparato medidor del consumo de combustible

El aparato para poder medir el consumo de combustible tiene 2 magnitudes de medición en la primera se puede observar litros consumidos de combustible cada 100 km y en la segunda magnitud litros consumidos cada hora, este medidor está unido a la interfaz que tiene el banco dinamométrico.

**Figura 15**  
*Medidor de consumo*



*Fuente: Rivera & Chica, 2015.*

### 5.3.3. Banco dinamométrico de pruebas

El banco dinamométrico empleado para el desarrollo de las pruebas de laboratorio es el MAHA LPS 3000, el cual tiene como función principal medir potencia y torque en las ruedas del automotor el mismo que está conectado a un conjunto de sensores los cuales monitorean distintos tipos de factores como presión atmosférica, temperatura del ambiente, temperatura del aire y la humedad relativa.

Dicho banco dinamométrico está compuesto por dos juegos de rodillos para captar la velocidad y el par de giro que tiene el automotor, además están unidos a un freno dinamométrico de corrientes parásitas que permiten crear una carga, medir la potencia y la fuerza tractora a la vez (Rivera & Chica, 2015).

**Figura 16**  
*Banco dinamométrico de la UPS*



*Fuente: Autores, 2022.*

## 6. PRUEBAS DE LABORATORIO Y EN CARRETERA

En este capítulo se trata de las distintas pruebas de funcionamiento realizadas para la obtención de datos del comportamiento del motor de la motocicleta Daytona Scrambler Revolution 250.

**Figura 17**  
 Interfaz que tiene el banco dinamométrico



Fuente: Autores, 2022.

### 6.1. Desarrollo experimental motocicleta estándar y modificada

Antes de realizar las mediciones respectivas se aseguró la motocicleta mediante correas de seguridad manteniéndola en equilibrio como se observa en la figura 18.

**Figura 18**  
 Motocicleta de pruebas



Fuente: Autores, 2022.

Una vez asegurada la motocicleta se hizo las respectivas conexiones tanto al analizador de gases MGT 5 como a la interfaz del banco dinamométrico para que se reflejen los datos obtenidos al momento de ejecutar la experimentación.

Luego se empleó un software de ingeniería en el cual fue seleccionado un diseño experimental de superficie de respuesta Box-Behnken con 3 factores continuos la carga, velocidad y marcha de la motocicleta, los cuales tendrían como objetivo determinar cómo se

comportan las prestaciones que genera el motor al someterse a distintas pruebas de funcionamiento. El primer factor del nivel de carga para el desarrollo experimental fue de 50%, 75% y 100%, el segundo factor que se aplicó fue la marcha o cambio en el que se encontraba el automotor teniendo 3 marchas tercera, cuarta y quinta, finalmente para el último factor se emplearon 3 velocidades las cuales fueron de 30 km/h, 35 km/h y 40 km/h, en la tabla 11 se observa los valores generados en las pruebas

**Tabla 11**  
*Diseño de superficie de respuesta Box- Behnken*

	<b>TipoPt</b>	<b>Bloques</b>	<b>Marcha</b>	<b>Velocidad</b>	<b>Carga</b>
1	2	1	5	35	100
2	2	1	3	40	75
3	2	1	5	40	75
4	2	1	4	40	100
5	2	1	3	30	75
6	2	1	4	30	50
7	2	1	3	35	100
8	0	1	4	35	75
9	2	1	5	30	75
10	2	1	3	35	50
11	2	1	5	35	50
12	0	1	4	35	75
13	2	1	4	40	50
14	0	1	4	35	75
15	2	1	4	30	100

*Fuente:* Autores, 2022.

Cuando se terminó de generar el diseño de superficie de respuesta se procedió a realizar 15 pruebas de funcionamiento en el banco dinamométrico teniendo en cuenta los 3 factores propuestos. Posteriormente los datos reflejados en la interfaz del banco dinamométrico se tabularon en el software de ingeniería para proceder a examinar todos estos valores y así obtener graficas que demuestren como es su comportamiento en cada una de las pruebas generadas, es importante recalcar que todo el procedimiento anterior se aplica tanto para la motocicleta estándar como para la motocicleta modificada.

**Tabla 12**

*Datos obtenidos en la interfaz del banco dinamométrico de la motocicleta estándar*

<b>T. Motor</b>	<b>CO2</b>	<b>CO</b>	<b>O2</b>	<b>HC</b>	<b>Potencia</b>	<b>Fuerza</b>	<b>Consumo M.</b>
76	13,8	0,56	1,36	240	2,4	201	3,91
80	13,42	2,48	1,47	269	4,2	295	4,25
82	14,2	2,4	1,36	230	2,7	221	4,41
78	13,75	2,5	1,87	260	3,1	252	4,15
82	14,23	1,81	1,28	208	3,4	317	4,31
80	14,27	1,93	1,26	250	2,4	241	4,29
78	13,69	1,80	0,75	234	3,4	308	4,25
80	14,23	2,27	1,83	280	3,0	236	4,33
84	14,12	2,4	0,85	295	1,6	194	4,34
78	14	2,2	0,7	274	2,9	236	4,54
79	14,52	1,46	1,13	288	2,3	203	4,55
80	14,1	2,24	1,28	269	2,9	283	4,43
83	14,32	1,25	1,54	217	2,8	229	4,32
80	13,76	2,28	1,99	274	2,8	290	4,27
82	14,52	2,35	1,15	210	2,5	225	4,43

*Fuente: Autores, 2022.*

Una vez que se terminaron las mediciones para la motocicleta estándar se hizo las mismas pruebas de funcionamiento para la modificada, se pueden observar los valores obtenidos en la tabla 13.

**Tabla 13**

*Valores obtenidos en la interfaz del banco dinamométrico de la motocicleta modificada*

<b>T. Motor</b>	<b>CO<sub>2</sub></b>	<b>CO</b>	<b>O<sub>2</sub></b>	<b>HC</b>	<b>Potencia</b>	<b>Fuerza</b>	<b>Consumo M.</b>
79	13,89	1,3	1,1	250	2,7	220	4,10
82	13,6	2,4	1,23	232	4,6	331	4,55
80	14,63	1,75	1,03	229	3,0	250	4,70
80	13,56	2,01	1,48	254	3,6	265	4,25
77	14,51	1,54	1,38	200	3,9	332	4,56
79	14,62	1,21	1,0	226	2,8	249	4,50
78	13,73	1,2	1,26	286	3,9	320	4,55
82	14,5	1,95	1,25	248	3,5	253	4,60
81	15,0	1,95	1,47	257	2,0	219	4,62
83	13,98	1,9	0,75	243	3,2	250	5,00
77	14,66	1,21	1,47	278	2,5	219	5,02
81	14,38	1,24	1,2	284	3,3	296	4,74
80	14,46	0,9	1,2	211	3,1	243	4,60
82	13,93	1,97	1,45	291	3,0	304	4,58
84	14,72	0,5	1,3	287	2,8	240	4,74

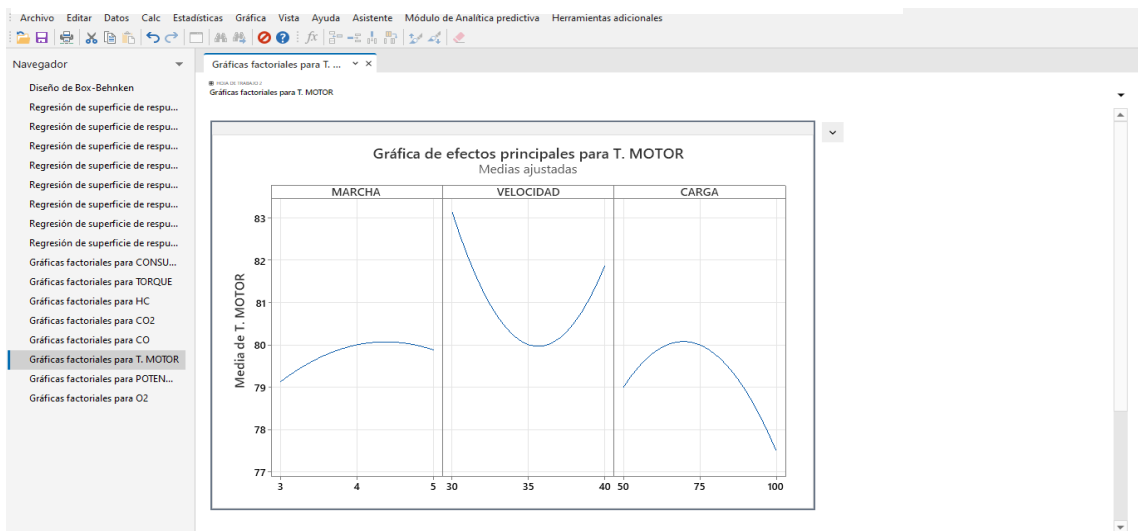
*Fuente: Autores, 2022.*

Luego se procedió analizar el diseño de superficie de respuesta seleccionando las variables de salida en el software, obteniendo gráficas de comportamiento del motor.

### 6.1.1. Gráficas obtenidas mediante software de ingeniería

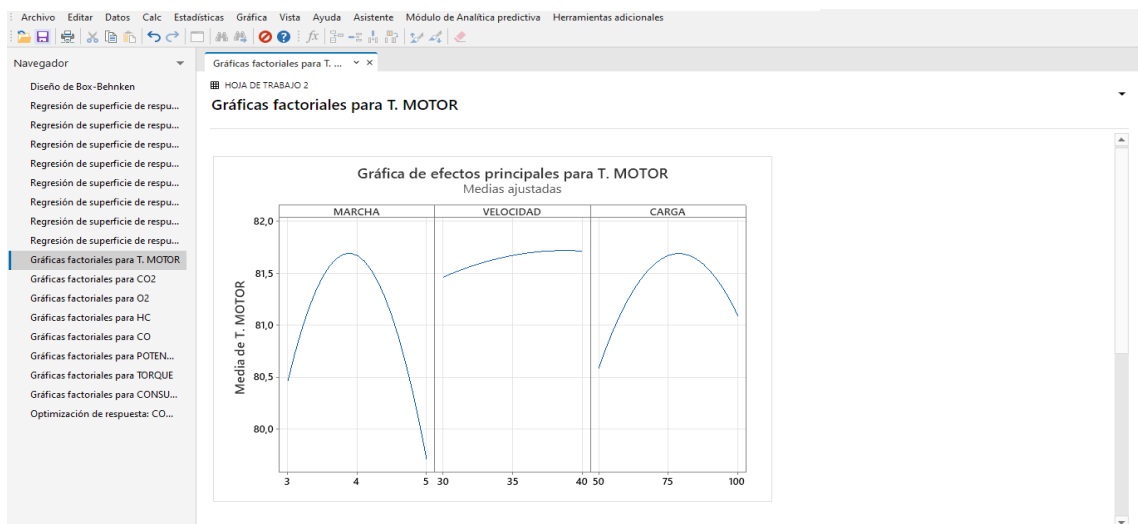
A continuación, se pueden observar algunas de las gráficas obtenidas con los valores de la experimentación tanto para motocicleta estándar como para la motocicleta modificada.

**Figura 19**  
*Temperatura del motor motocicleta normal*



Fuente: Autores, 2022.

**Figura 20**  
*Temperatura del motor motocicleta modificada*



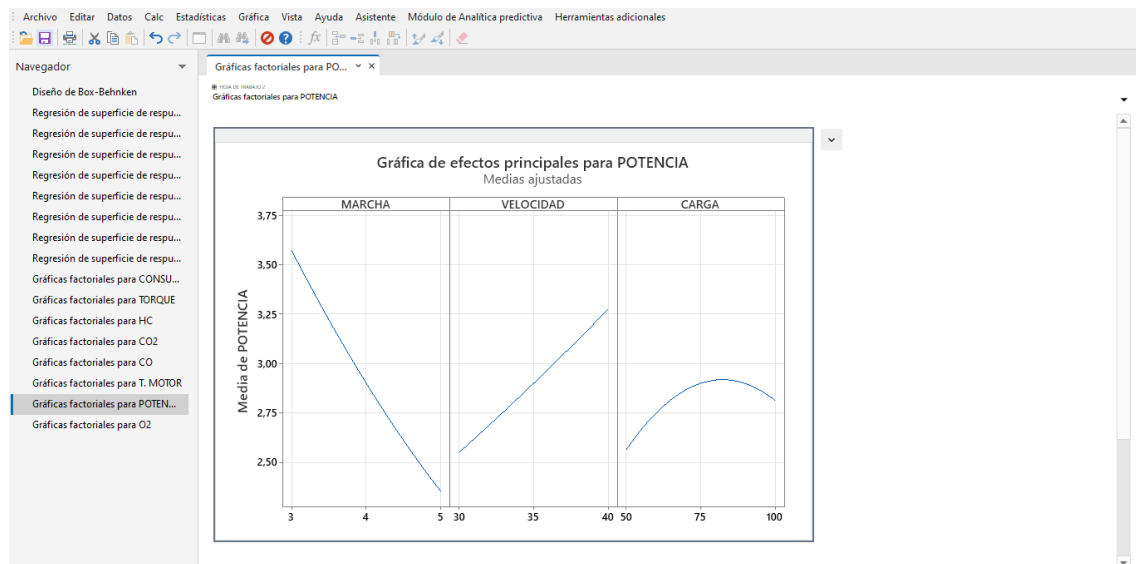
Fuente: Autores, 2022.



Tanto en la figura 19 como en la figura 20 se pueden apreciar las distintas temperaturas que se generaron al momento de hacer la experimentación, es importante tener en cuenta que al momento de hacer las pruebas se mantuvo un ventilador encendido, con la finalidad de que se mantenga refrigerada la motocicleta y esta no llegue a sobrecalentarse.

**Figura 21**

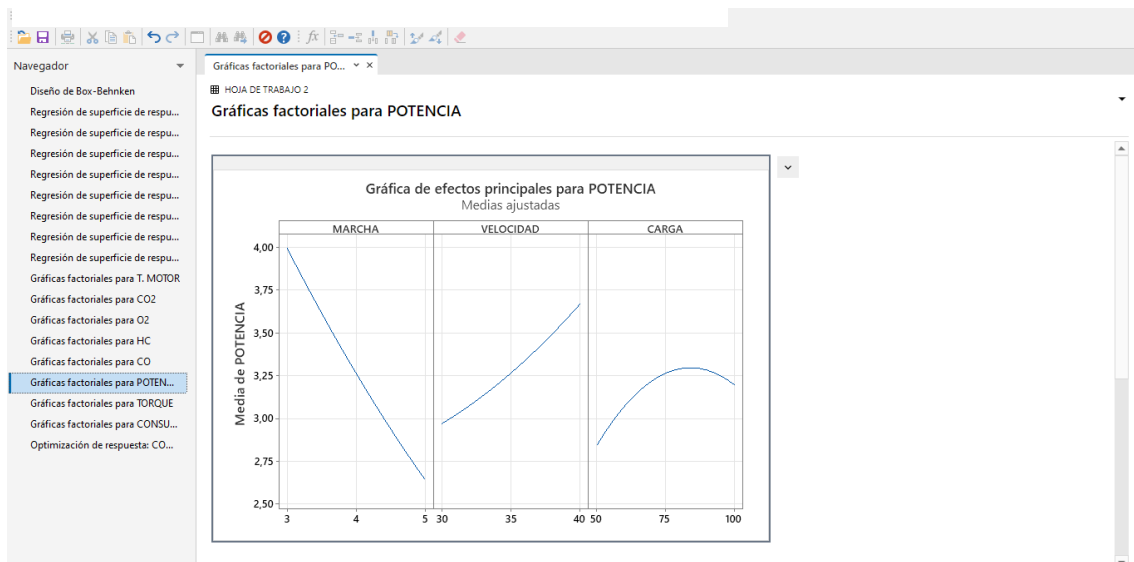
*Media de potencia motocicleta normal*



*Fuente:* Autores, 2022.

**Figura 22**

*Media de potencia motocicleta modificada*

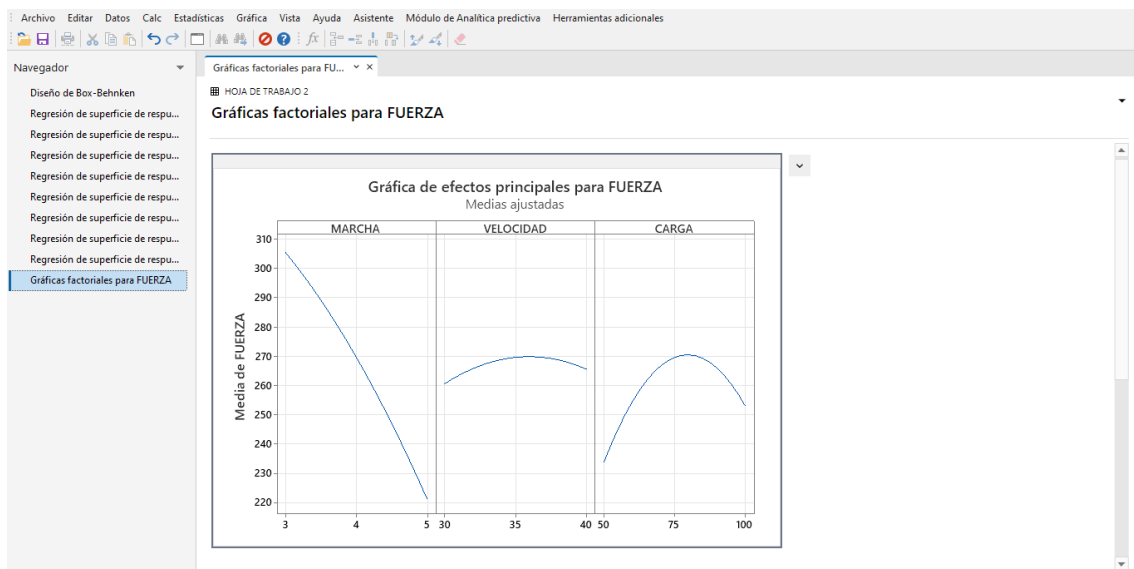


*Fuente:* Autores, 2022.

La figura 21 y la figura 22 indican el comportamiento de la potencia cuando se generaron las pruebas, para poder obtener datos más exactos fue importante asegurar muy bien la motocicleta para que esta no tendiera a oscilar y así evitar tener pérdidas de potencia o valores exagerados.

**Figura 23**

*Media de fuerza de la motocicleta normal*



*Fuente: Autores, 2022.*

**Figura 24**

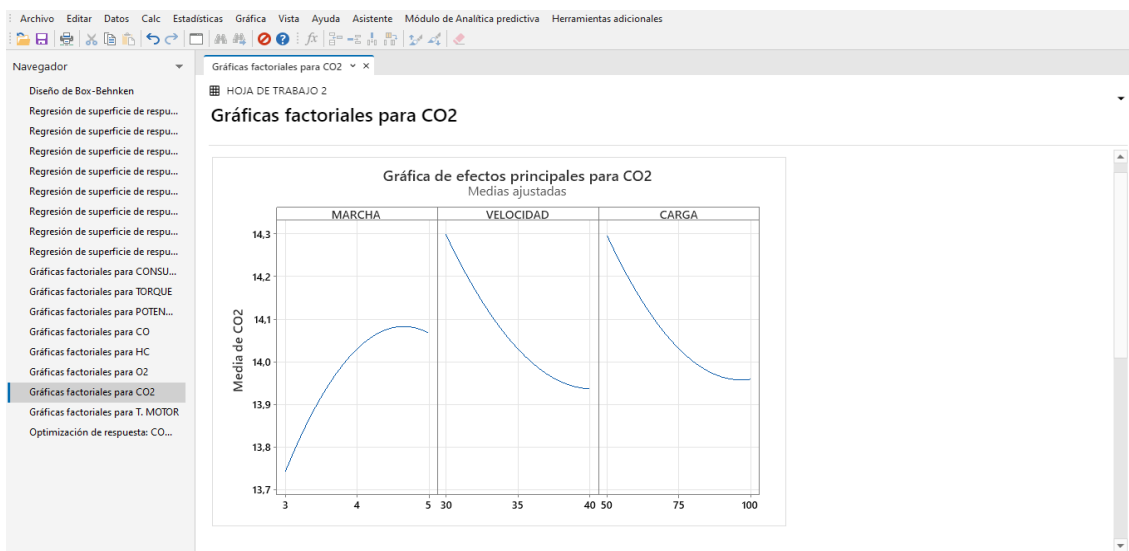
*Media de fuerza de la motocicleta modificada*



*Fuente: Autores, 2022.*

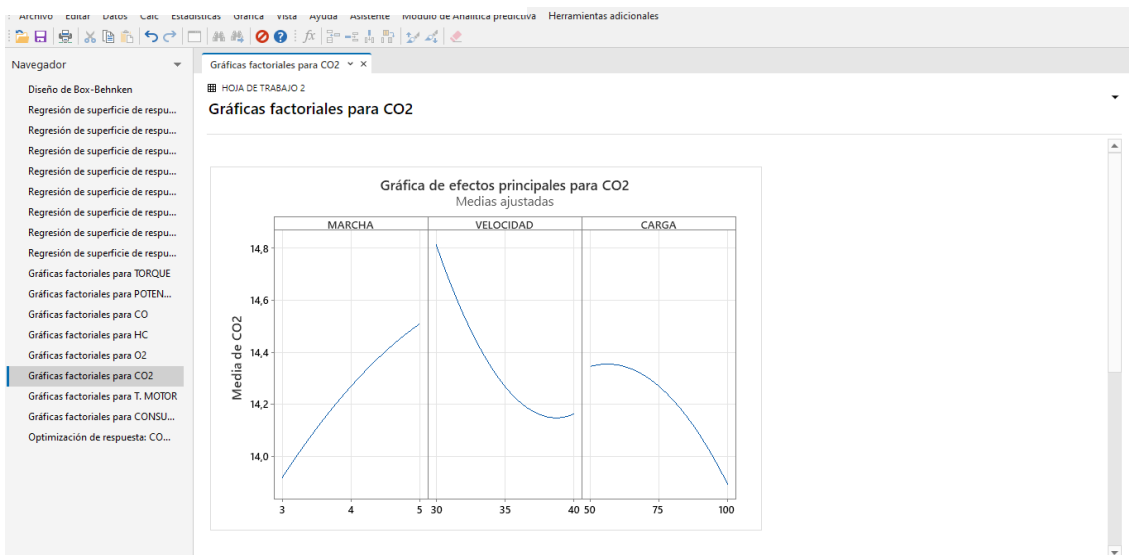
En la figura 23 y en la figura 24 se observan los valores de la fuerza tractora generados por la experimentación, además se puede ver que ambas motocicletas tienen comportamientos similares, entre más baja es la marcha mayor es la fuerza que se observa y entre más alta es la marcha la fuerza disminuye, en cambio si se llega a exagerar la carga que se aplique al acelerador en vez de subir la fuerza esta va a disminuir.

**Figura 25**  
*Media de dióxido de carbono motocicleta normal*



Fuente: Autores, 2022.

**Figura 26**  
*Media de dióxido de carbono motocicleta modificada*

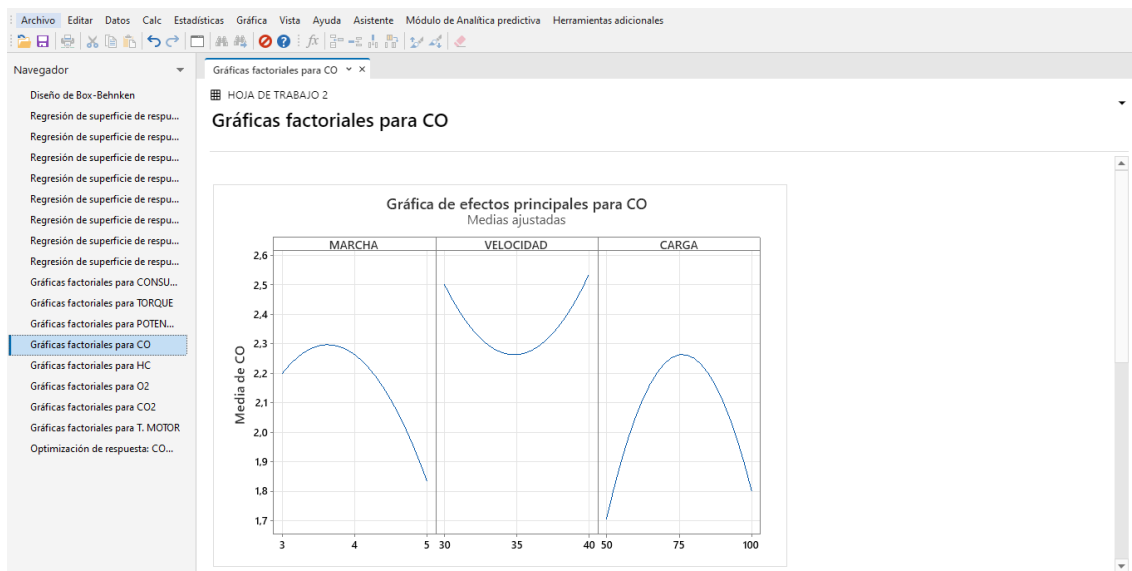


Fuente: Autores, 2022.

Las figuras 25 y 26 indican el comportamiento que tiene el dióxido de carbono, en la motocicleta estándar los valores tienden a ser menores que los que se generaron en la motocicleta modificada.

### Figura 27

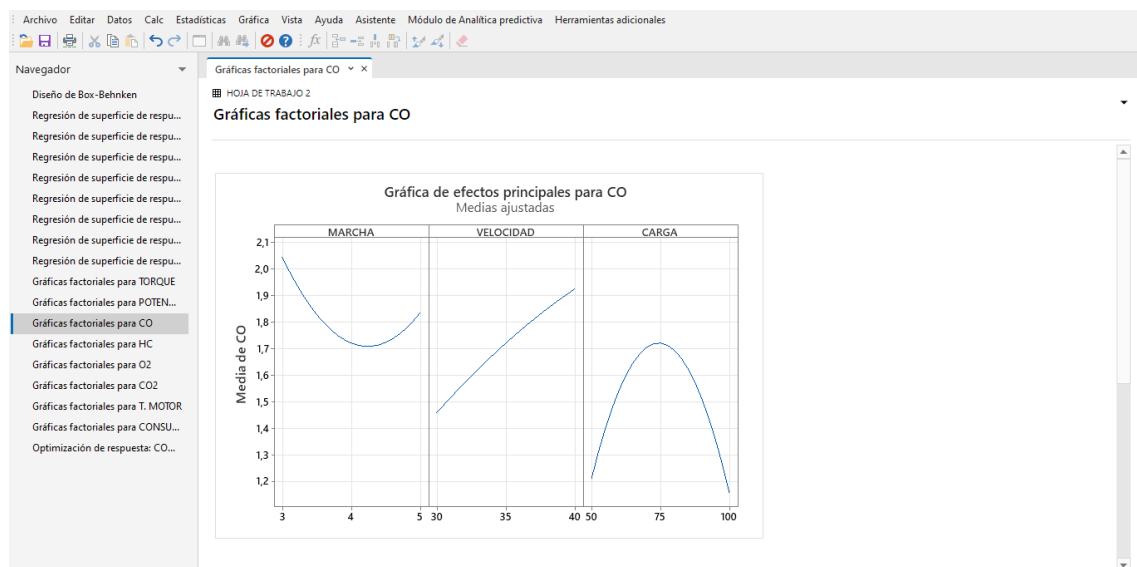
*Media de monóxido de carbono motocicleta normal*



Fuente: Autores, 2022.

### Figura 28

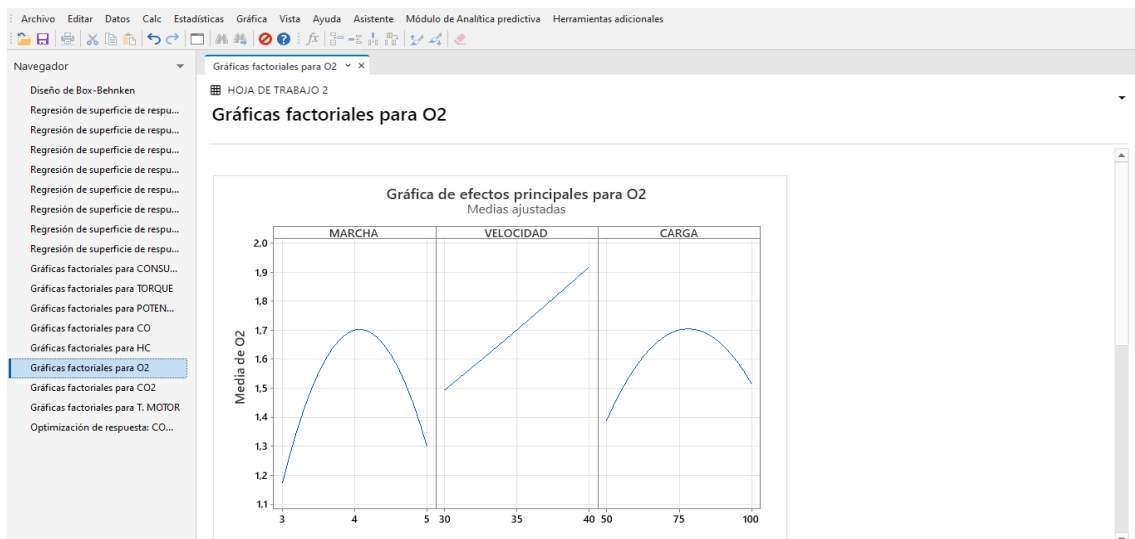
*Media de monóxido de carbono motocicleta modificada*



Fuente: Autores, 2022.

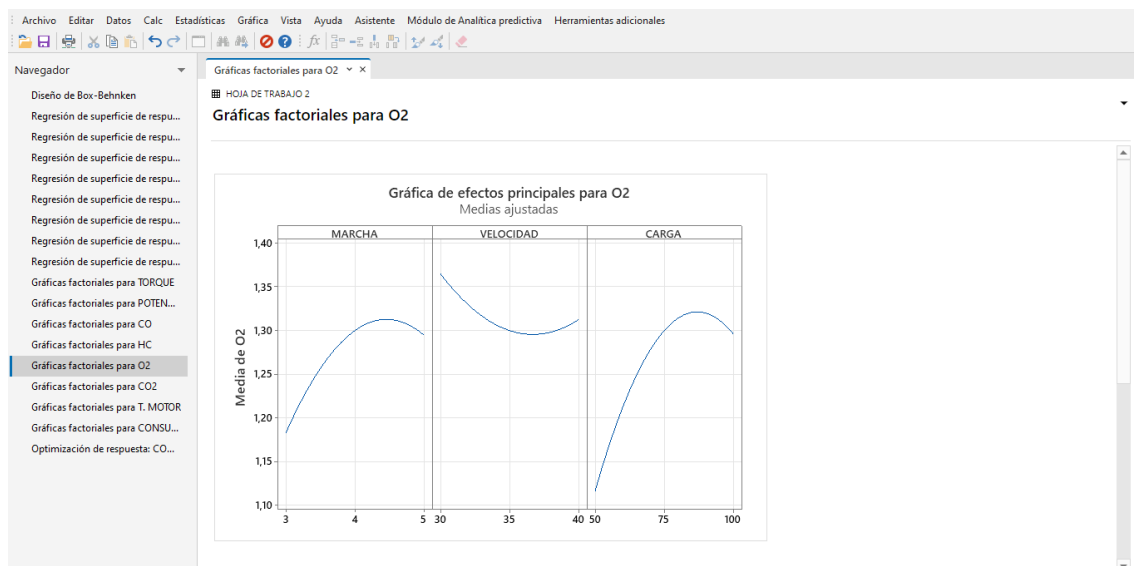
Las figuras 27 y 28 representan los valores de monóxido de carbono que se obtuvieron en las pruebas, como se evidencia el monóxido de carbono tiende a bajar según se aumente la marcha, se debe tener en cuenta que si se acelera demasiado rápido la velocidad se incrementan más rápido los valores de CO.

**Figura 29**  
*Media de oxígeno motocicleta normal*



Fuente: Autores, 2022.

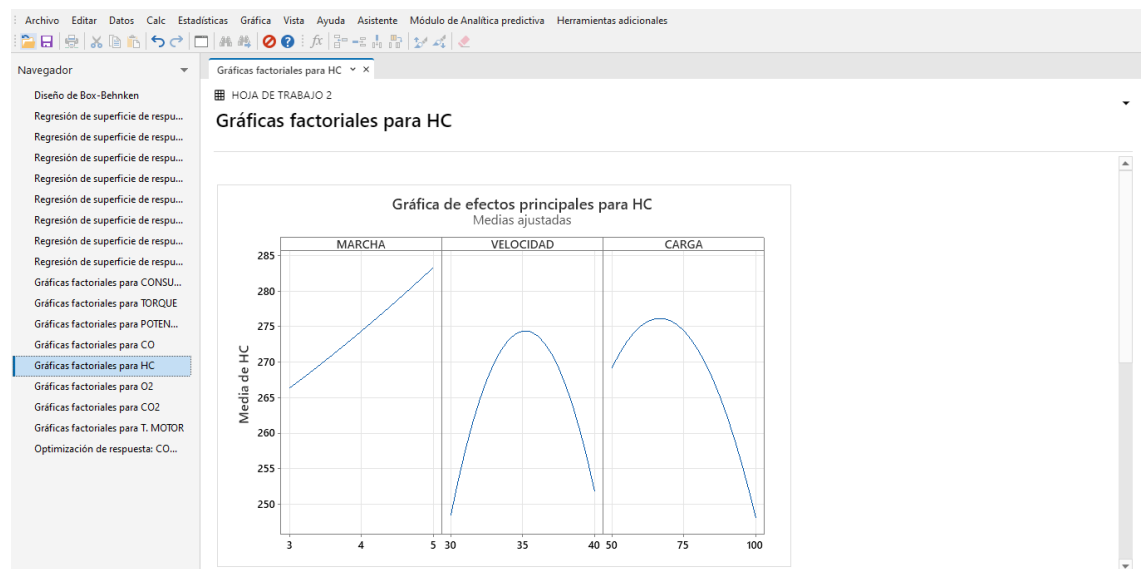
**Figura 30**  
*Media de oxígeno motocicleta modificada*



Fuente: Autores, 2022.

La figura 29 y 30 representan los datos de oxígeno obtenidos en la salida del tubo de escape los cuales indican que el factor más influyente para ellos ha sido la marcha, ya que como se puede apreciar en ambas gráficas las dos empiezan a subir los niveles de oxígeno hasta la 4 marcha aproximadamente, al pasar a una siguiente marcha los niveles de oxígeno disminuyen.

**Figura 31**  
*Media de hidrocarburos motocicleta normal*



Fuentes: Autores, 2022.

**Figura 32**  
*Media de hidrocarburos motocicleta modificada*



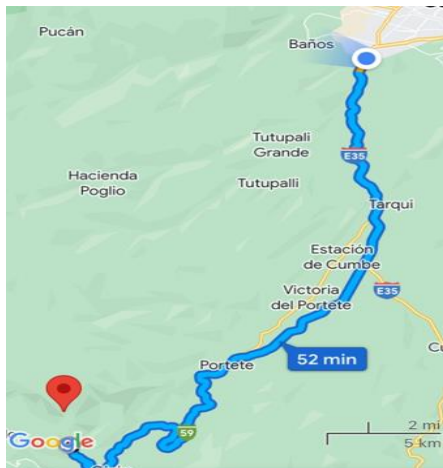
Fuente: Autores, 2022.

Las figuras de hidrocarburos 31 y 32 representan el comportamiento de los hidrocarburos no combustionados que se obtuvieron con el analizador de gases en la salida del tubo de escape para la motocicleta estándar y modificada, existiendo un mayor incremento en el factor carga para la modificada.

## 6.2. Pruebas en rutas establecidas

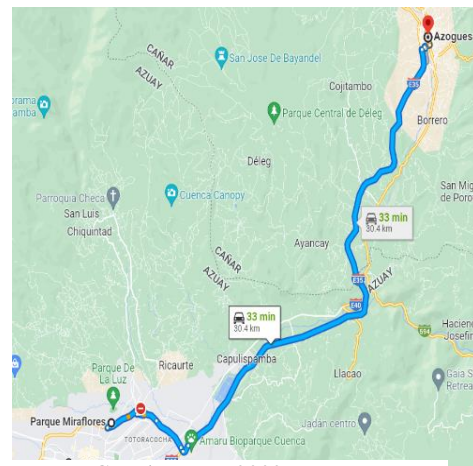
Se establecieron varias rutas para medir el consumo de combustible de la motocicleta estándar y modificada las cuales se pueden apreciar en las figuras 33, 34 y 35.

**Figura 33**  
*Ruta hacia Giron*



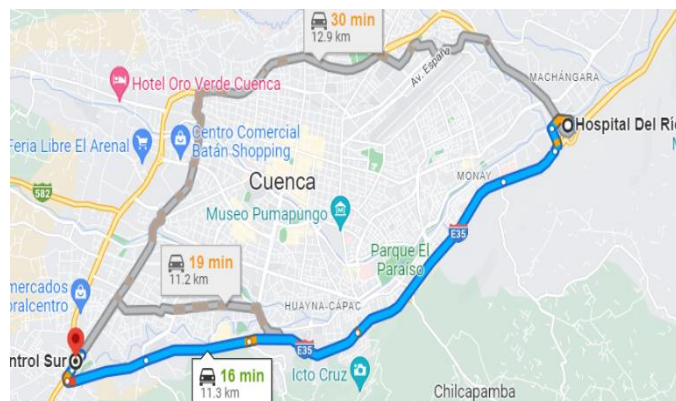
Fuente: Google Maps, 2022.

**Figura 34**  
*Ruta hacia Azogues*



Fuente: Google Maps, 2022.

**Figura 35**  
*Ruta hacia control sur*



Fuente: Google Maps, 2022.

Para obtener el consumo de combustible de la motocicleta en las rutas establecidas en primera instancia se tomó el kilometraje exacto desde el momento en el cual se empezaba a recorrer con el depósito de combustible completamente lleno, después se resta la diferencia del kilometraje final del recorrido para obtener cuantos kilómetros se recorrieron, finalmente se vuelve a llenar completamente el depósito de combustible y se observa cuanto a sido el consumo.

Para sacar un valor más exacto se promedió los 3 valores de consumo de las rutas, es importante tener en cuenta que el consumo depende de varios factores por lo que el recorrido para las 3 pruebas se lo hizo con un solo conductor para evitar generar demasiada variación al momento de conducir.

En la siguiente tabla se puede apreciar los valores de consumo obtenidos en cada ruta establecida.

**Tabla 14**  
*Valores del consumo de combustible de la motocicleta estándar*

<b>MOTOCICLETA ESTÁNDAR</b>			
<b>RUTA</b>	<b>KILÓMETROS RECORRIDOS</b>	<b>CONSUMO POR KILÓMETRO (GLS)</b>	<b>CONSUMO TOTAL (GLS)</b>
Baños – Girón (Ida y vuelta)	82	0,0106667	0,8746
Parque Miraflores - Azogues	32	0,01092	0,3494
Control sur – Hospital del Rio	13	0,01101	0,1431

*Fuente:* Autores, 2022.



Una vez que se obtuvo los valores de consumo para cada ruta se sacó un promedio de estos valores dando un total de 0,01086 galones o 0,04113 litros consumidos por cada kilómetro recorrido.

**Tabla 15**

*Datos del consumo de combustible de la motocicleta modificada*

<b>MOTOCICLETA MODIFICADA</b>			
<b>RUTA</b>	<b>KILÓMETROS RECORRIDOS</b>	<b>CONSUMO POR KILÓMETRO (GLS)</b>	<b>CONSUMO TOTAL (GLS)</b>
Baños – Girón (Ida y vuelta)	82	0,0134	1,0988
Parque Miraflores - Azogues	32	0,0143	0,4576
Control sur – Hospital del Río	13	0,0122	0,1586

*Fuente:* Autores, 2022.

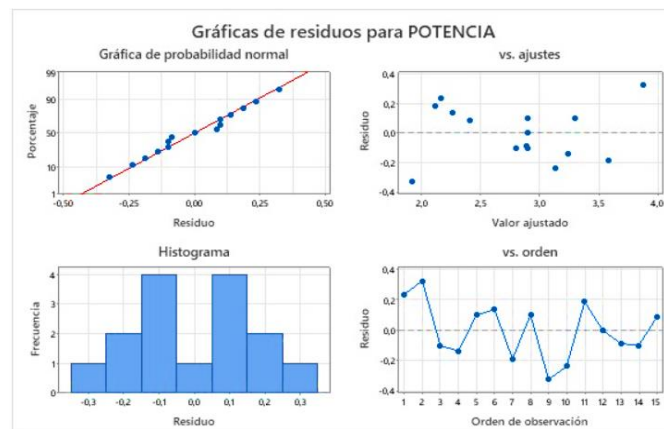
Al igual que en el caso anterior de la motocicleta estándar o normal una vez que se obtuvieron los datos se promedió los valores de consumo para cada ruta establecida teniendo así un valor final de consumo de combustible de 0,0133 galones o 0,050 litros por cada kilómetro recorrido.

## 7. ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DEL MOTOR ESTÁNDAR Y CON LA IMPLEMENTACIÓN DE COMPONENTES MODIFICADOS

Esta sección trata sobre el análisis de las pruebas de funcionamiento a las que fue sometido el motor, dichos datos fueron ingresados y tabulados en un software de ingeniería; a continuación, se presentan los resultados del análisis del software mediante gráficas considerando únicamente las más relevantes, (el total de las pruebas se encuentra en la sección Anexos).

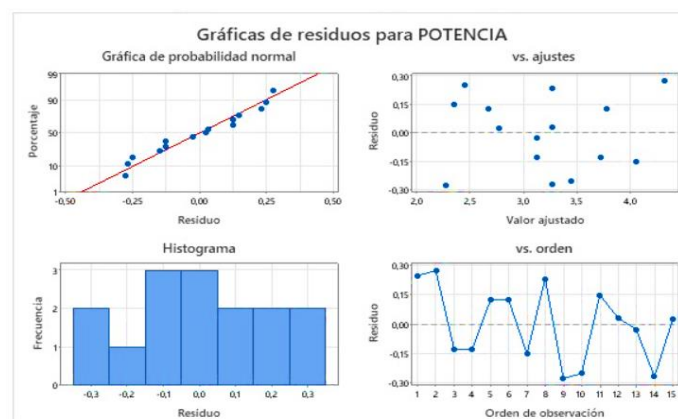
### 7.1. Gráficas de residuos

**Figura 36**  
*Residuos de potencia motocicleta estándar*



Fuente: Autores, 2022.

**Figura 37**  
*Residuos de potencia para motocicleta modificada*



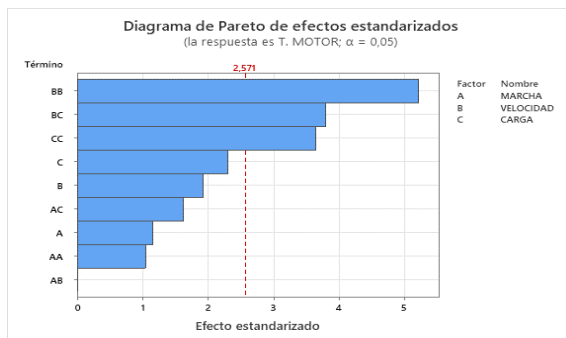
Fuente: Autores, 2022.

Las gráficas de residuos se generan para cada variable de salida en las cuales se puede ver que los valores de orden de observación son aleatorios y no existe un patrón, este comportamiento de aleatorización se da para todas las gráficas de residuos que se obtuvieron para las variables de salida, tal y como se muestran las figuras 36 y 37.

## 7.2. Temperatura del motor vs marcha; velocidad y carga.

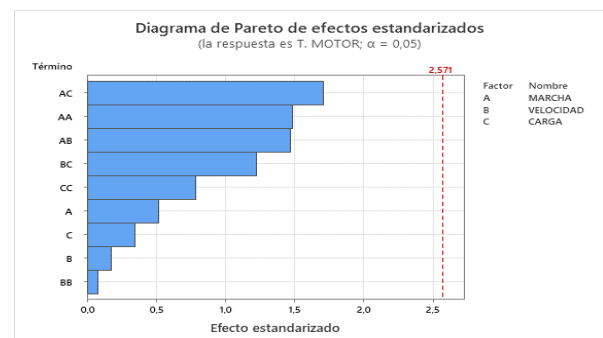
En las figuras 38 y 39 se muestra el diagrama de Pareto que indica los efectos principales de factores sobre la temperatura del motor.

**Figura 38**  
*Temperatura de motocicleta estándar*



Fuente: Autores, 2022.

**Figura 39**  
*Temperatura de motocicleta modificada*



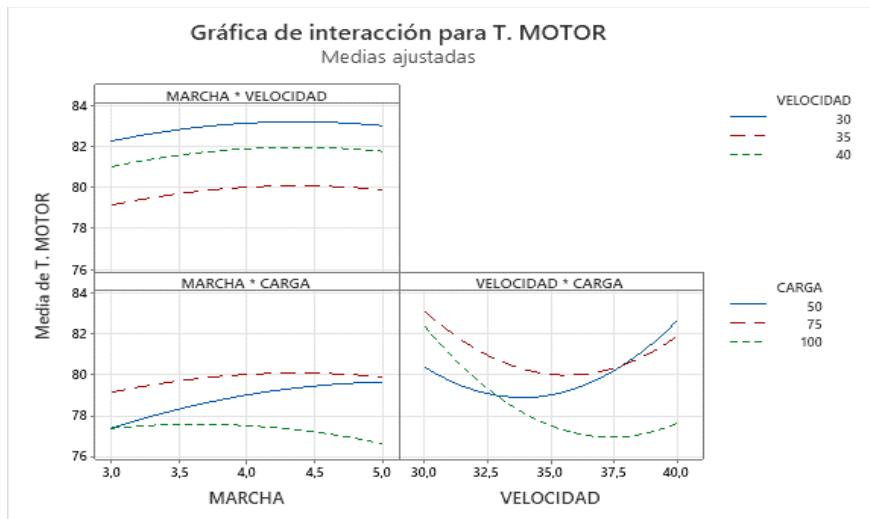
Fuente: Autores, 2022.

Para la motocicleta estándar se tiene la figura 38, la misma que muestra los términos cuadráticos de velocidad (BB), velocidad\*carga (BC) y carga\*carga (CC) los cuales son los más influyentes en la temperatura del motor, a comparación de la motocicleta modificada figura 39, sus factores están debajo del nivel de significancia lo cual nos da a entender que el factor marcha\*carga (AC) no influye en el incremento de temperatura del motor de manera significativa.

Así se puede argumentar que la motocicleta estándar tiende a generar valores de temperatura más diversos al generar las pruebas con los factores establecidos en comparación

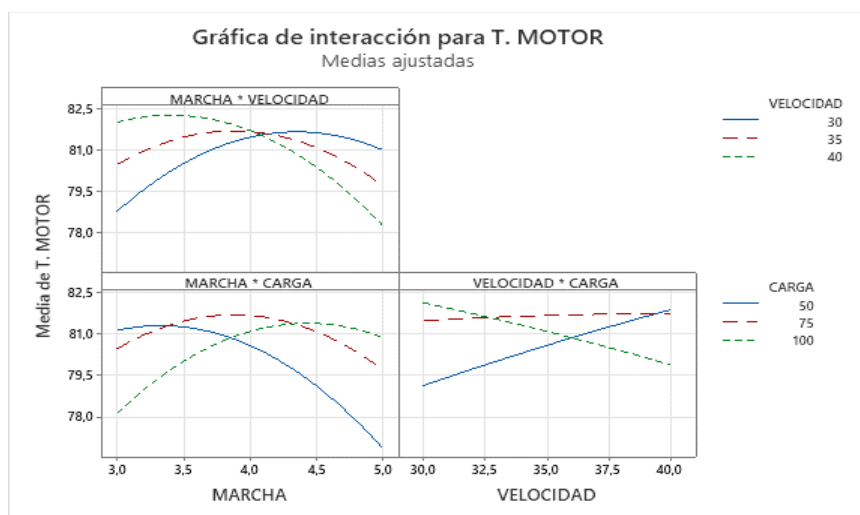
de la motocicleta modificada, es importante recalcar que estos valores de temperatura tienden a variar según las pruebas generadas.

**Figura 40**  
*Interacción de temperatura de motocicleta estándar*



Fuente: Autores, 2022.

**Figura 41**  
*Interacción de temperatura de motocicleta modificada*



Fuente: Autores, 2022.

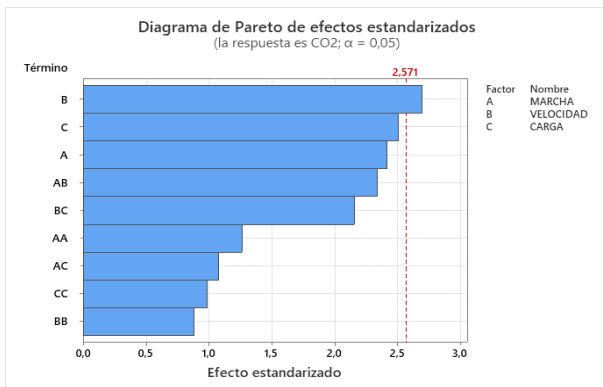
En las figuras 40 y 41 se encuentran cruces importantes, que denotan interacción entre los factores y afirma lo mencionado en el diagrama de Pareto con respecto a los factores más influyentes para el incremento o disminución de temperatura.

### 7.3. CO<sub>2</sub> vs marcha; velocidad y carga.

En las figuras 42 y 43 se muestra el diagrama de Pareto para los valores de dióxido de carbono con respecto a los factores establecidos.

**Figura 42**

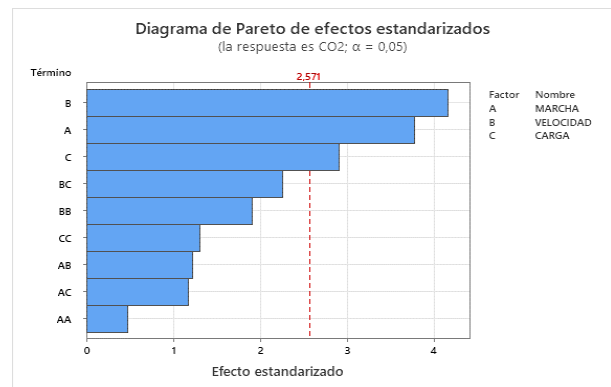
*Dióxido de carbono de motocicleta estándar*



Fuente: Autores, 2022.

**Figura 43**

*Dióxido de carbono de motocicleta modificada*

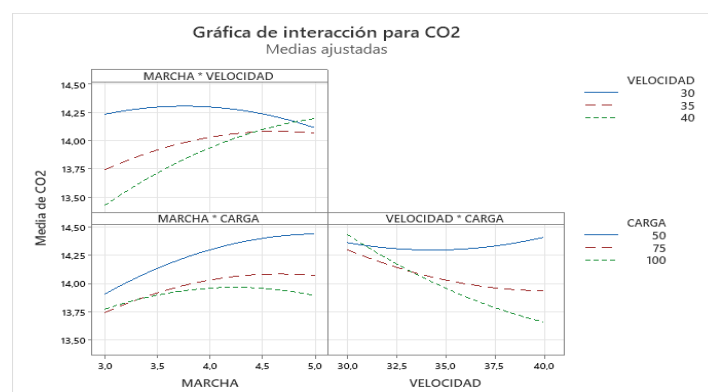


Fuente: Autores, 2022.

Para la motocicleta estándar se tiene la figura 42, la misma que muestra como factor principal la velocidad (B) siendo el más influyente sobre el dióxido de carbono, seguido de la carga y la marcha que están debajo del nivel de significancia dando a entender que estos no influyen de manera significativa en el aumento del dióxido de carbono, al igual se tiene la motocicleta modificada figura 43, su factor más influyente es la velocidad (B) seguido de la marcha (A) y la carga (C) con la diferencia de que el factor velocidad tiene mayor influencia que en la motocicleta estándar siendo significativos para la variación del dióxido de carbono.

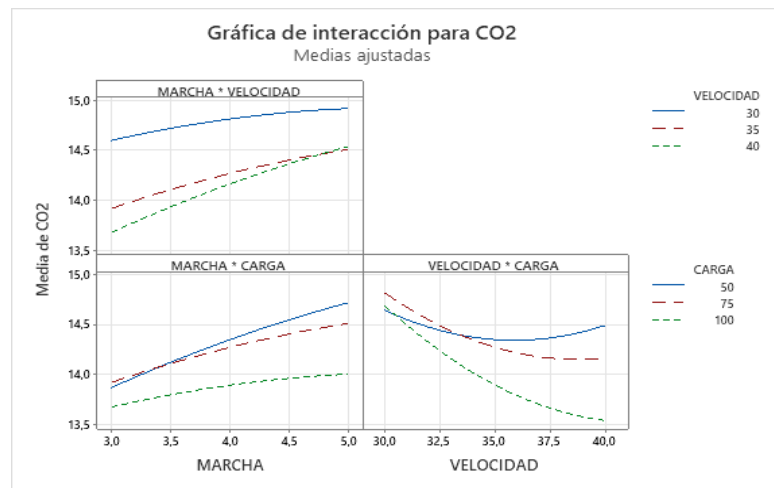
**Figura 44**

*Interacción del CO<sub>2</sub> motocicleta estándar*



Fuente: Autores, 2022.

**Figura 45**  
Interacción del CO2 motocicleta modificada



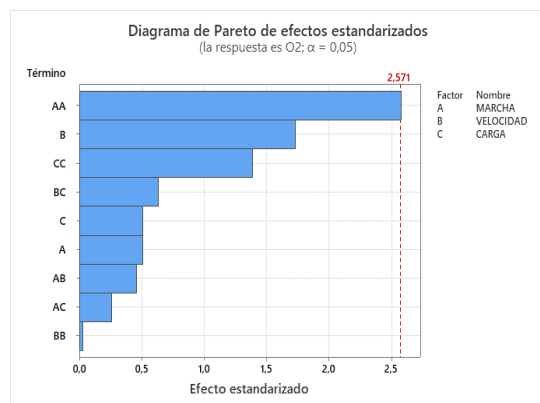
Fuente: Autores, 2022.

En las figuras 44 y 45 se muestran las gráficas de interacción de cómo se comporta los factores más influyentes para la variación del dióxido de carbono, en el cual existen cruces de los factores de carga y velocidad.

#### 7.4. O2 vs marcha; velocidad y carga.

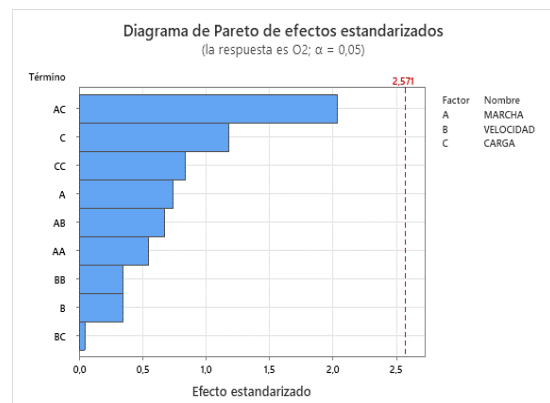
En los diagramas de Pareto de las figuras 46 y 47 se muestra los efectos principales de los factores sobre el oxígeno.

**Figura 46**  
Oxígeno de la motocicleta estándar



Fuente: Autores, 2022.

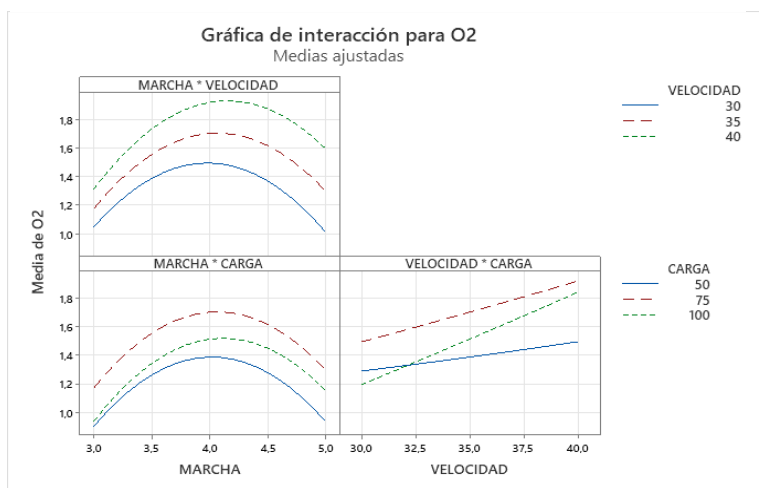
**Figura 47**  
Oxígeno de la motocicleta modificada



Fuente: Autores, 2022.

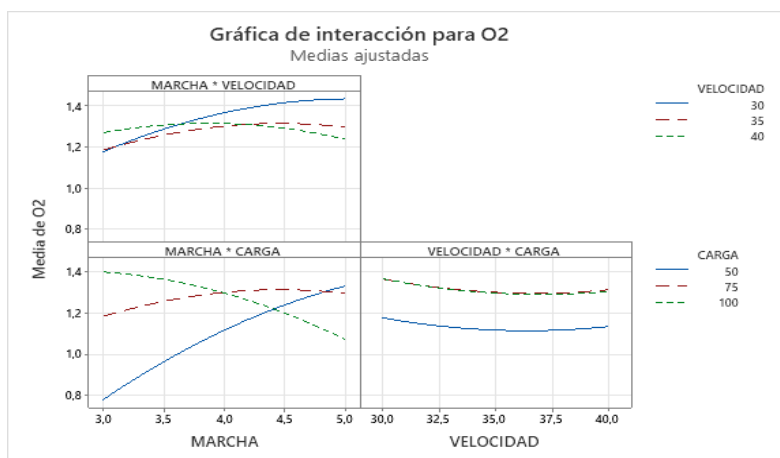
Para la motocicleta estándar se tiene la figura 46, la misma que muestra un término cuadrático de marcha (AA) que influye significativamente en la variación del O<sub>2</sub>, seguido de marcha (A) y velocidad (B) los mismos que se encuentran debajo del nivel de significancia, en cambio en la motocicleta modificada figura 47 no existen factores que estén por encima del nivel de significancia para el aumento del oxígeno.

**Figura 48**  
*Interacción del O<sub>2</sub> motocicleta estándar*



Fuente: Autores, 2022.

**Figura 49**  
*Interacción del O<sub>2</sub> motocicleta modificada*



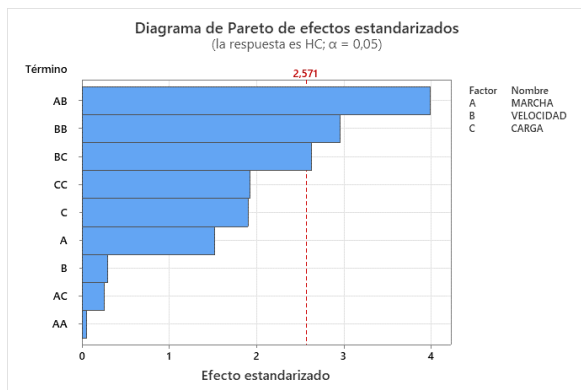
Fuente: Autores, 2022.

En las figuras 48 y 49 se muestran las gráficas de interacción de cómo se comporta los factores más influyentes para la variación del oxígeno, en el cual existen principales cruces de los factores marcha\*carga, marcha\*velocidad y se evidencia otras intersecciones de menor grado de significancia.

### 7.5. Hc vs marcha; velocidad y carga.

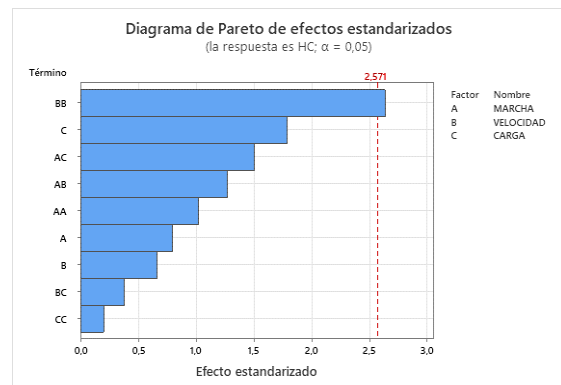
En los diagramas de Pareto de las figuras 50 y 51 se muestra efectos principales de los factores sobre los hidrocarburos no combustionados.

**Figura 50**  
*Hidrocarburos no combustionados de motocicleta estándar*



Fuente: Autores, 2022.

**Figura 51**  
*Hidrocarburos no combustionados de motocicleta modificada*

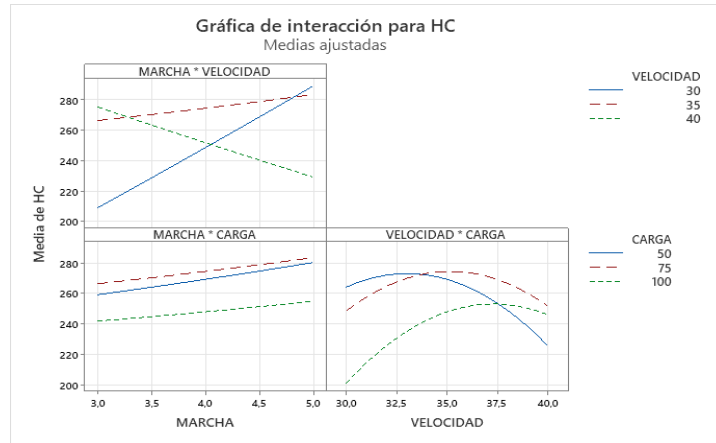


Fuente: Autores, 2022.

En el diagrama de la motocicleta estándar figura 50, se tiene factores que están encima del nivel de significancia así corroborando que los factores de la corrida experimental influyen de manera significativa en los hidrocarburos no combustionados, para la modificada figura 51 solo existe un factor que influye sobre los hidrocarburos no combustionados el cual es el factor velocidad.

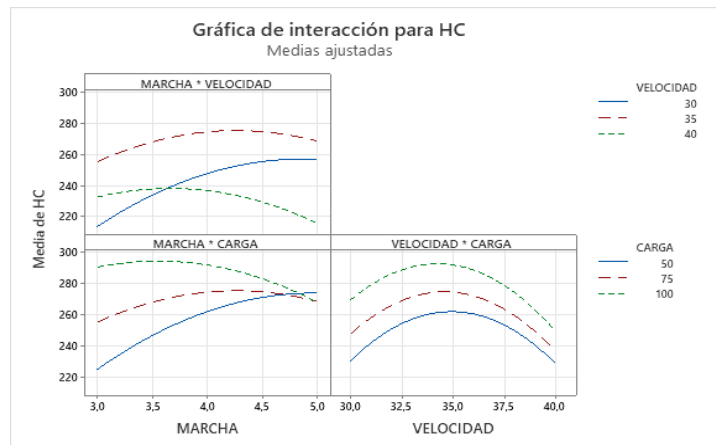


**Figura 52**  
*Interacción HC motocicleta estándar*



Fuente: Autores, 2022.

**Figura 53**  
*Interacción de HC motocicleta modificada*



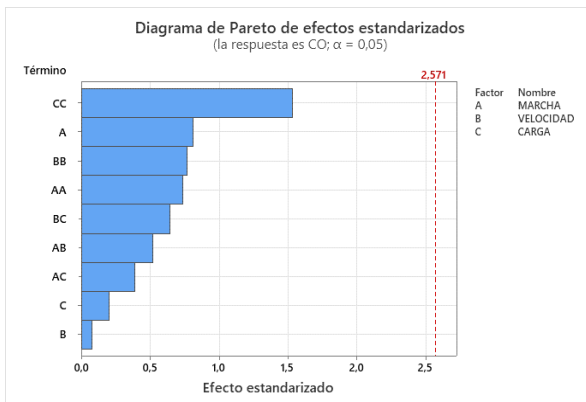
Fuente: Autores, 2022.

En las figuras 52 y 53 se muestran las gráficas de interacción de cómo se comporta los factores, en el cual existen cruces principales para la motocicleta estándar factor de marcha\*velocidad, velocidad\*carga. Para la motocicleta modificada los factores que influyen son exactamente los mismos que en la motocicleta estándar.

## 7.6. CO vs marcha; velocidad y carga.

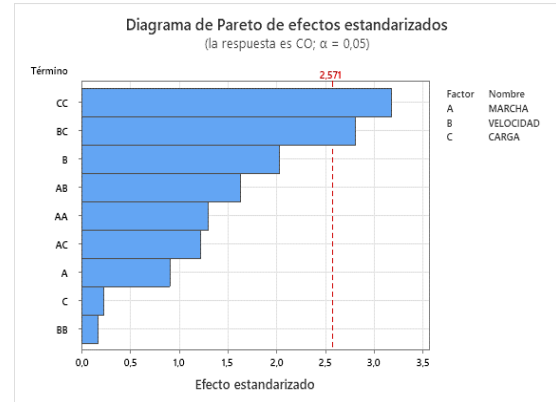
En los siguientes diagramas de Pareto que muestran las figuras 54 y 55 se observa los principales efectos entre los factores sobre el monóxido de carbono.

**Figura 54**  
*Monóxido de carbono de motocicleta estándar*



Fuente: Autores, 2022.

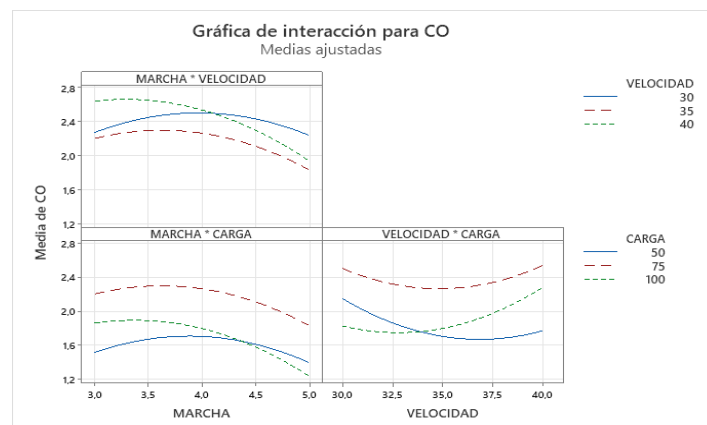
**Figura 55**  
*Monóxido de carbono de motocicleta modificada*



Fuente: Autores, 2022.

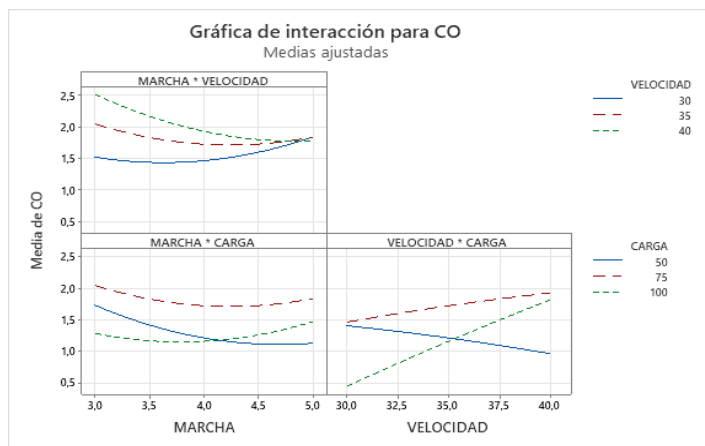
En la figura 54 se observa el diagrama que representa la motocicleta estándar en la que se ve que los factores no influyen de manera significativa ya que estos se encuentran debajo de la línea de significancia, la figura 55 representa la motocicleta modificada en la que se ve que los factores de carga\*carga y velocidad\*carga si influyen significativamente en el monóxido de carbono.

**Figura 56**  
*Interacción del CO de la motocicleta estándar*



Fuente: Autores, 2022.

**Figura 57**  
Interacción del CO de la motocicleta modificada



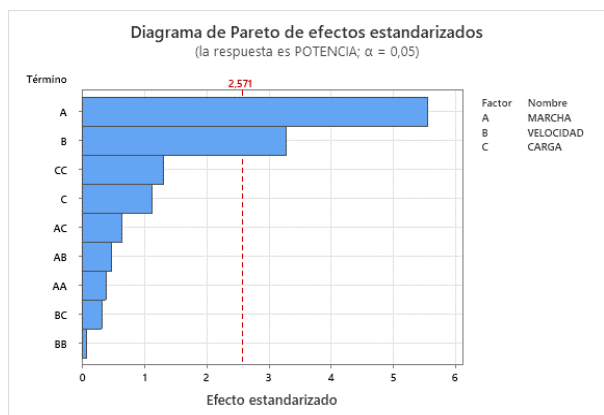
Fuente: Autores, 2022.

En las figuras 56 y 57 se muestran las gráficas de interacción en donde se encuentran cruces para la motocicleta estándar de marcha\*carga, marcha\*velocidad, pero como se vio en el diagrama de Pareto estos cruces no son significativos, en cambio en la figura 57 de la motocicleta modificada los cruces si son significativos lo cual hará que exista variación en el monóxido de carbono.

**7.7. Potencia vs marcha; velocidad y carga.**

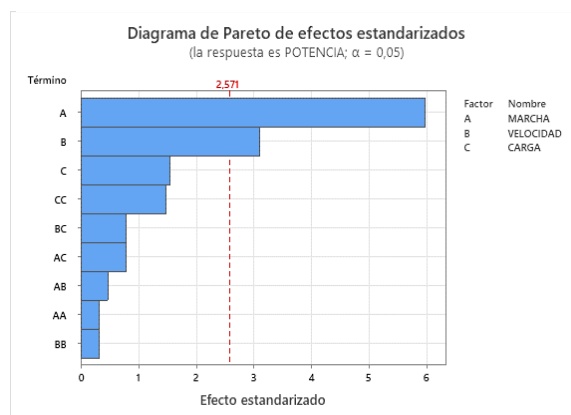
En la figura 58 y 59 se muestra el diagrama de Pareto que se observa los factores que influyen sobre la potencia.

**Figura 59**  
Potencia de motocicleta estándar



Fuente: Autores, 2022.

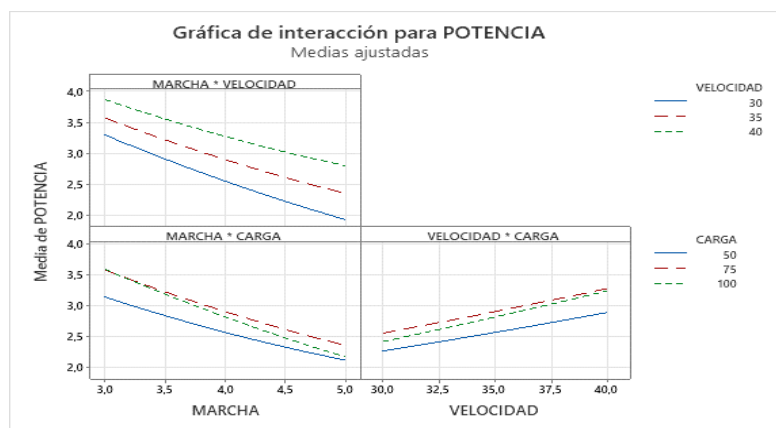
**Figura 58**  
Potencia de motocicleta modificada



Fuente: Autores, 2022.

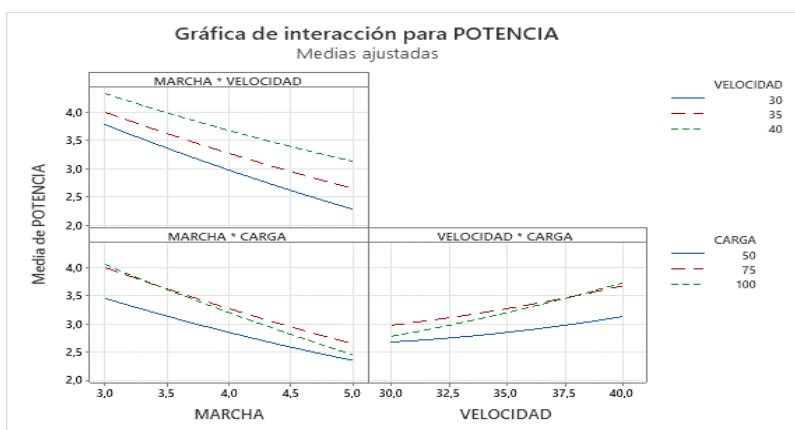
En la figura 58 se tiene la motocicleta estandar donde se observa que los principales factores son marcha (A) y la velocidad (B) siendo los que influyen significativamente en el aumento de la potencia, al igual que la figura 59 en la motocicleta modificada influyen los mismos factores sobre la potencia solo que con mayor porcentaje que la estándar.

**Figura 60**  
*Interacción de potencia de motocicleta estándar*



Fuente: Autores, 2022.

**Figura 61**  
*Interacción de potencia para motocicleta modificada*



Fuente: Autores, 2022.

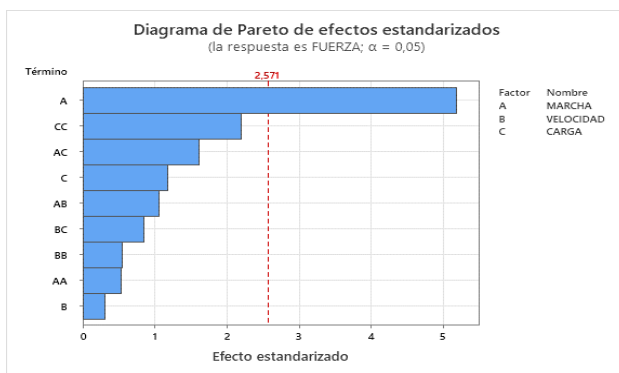
En las figuras 60 y 61 se muestran las gráficas de interacción en donde se observa que tanto para la estándar y la modificada en la gráfica de marcha es donde hay un cruce importante de las diferentes cargas siendo significativamente para la potencia, así se puede

decir que los factores establecidos influyen mas en la potencia para la motocicleta modificada.

### 7.8. Fuerza vs marcha; velocidad y carga.

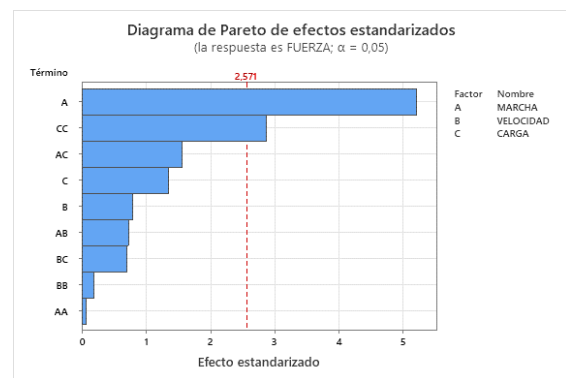
En los siguientes diagramas de Pareto que muestran las figuras 62 y 63 se observa los principales efectos de los factores sobre la fuerza tractora.

**Figura 62**  
*Fuerza de la motocicleta estándar*



Fuente: Autores, 2022.

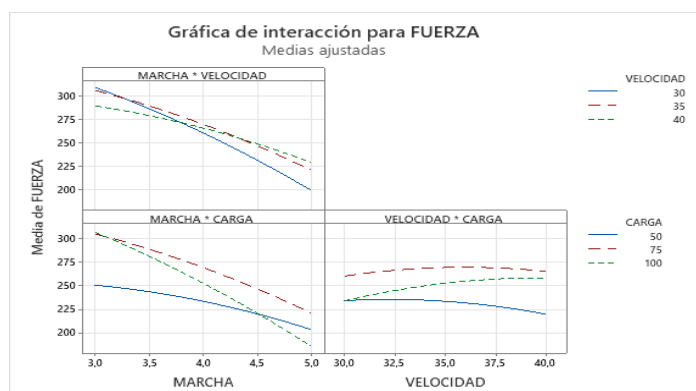
**Figura 63**  
*Fuerza de la motocicleta modificada*



Fuente: Autores, 2022.

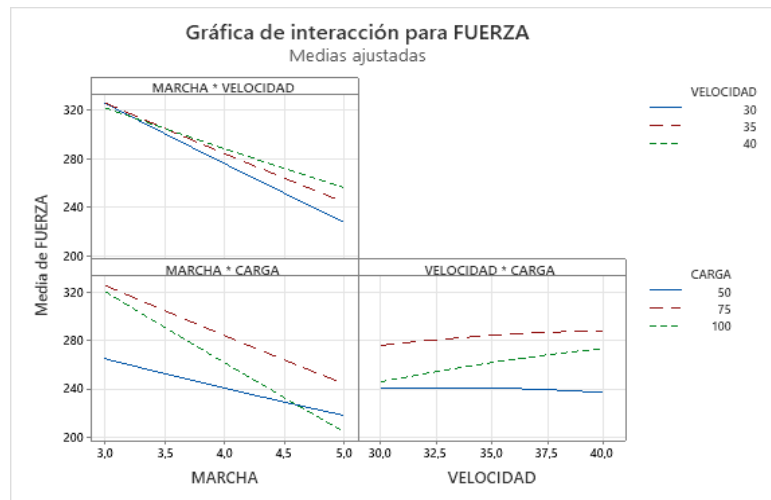
En la figura 62 se tiene el diagrama de la motocicleta estándar, se observa que el factor principal es la marcha (A) la que influye significativamente en la fuerza, seguidos de la Carga (CC) y marcha\*carga (AC) que no son significativos, en la motocicleta modificada figura 63, los factores que mas influyen en la variación de la fuerza son la marcha (A) y carga (CC).

**Figura 64**  
*Interacción de la fuerza para la motocicleta estándar*



Fuente: Autores, 2022.

**Figura 65**  
Interacción de la fuerza para la motocicleta modificada



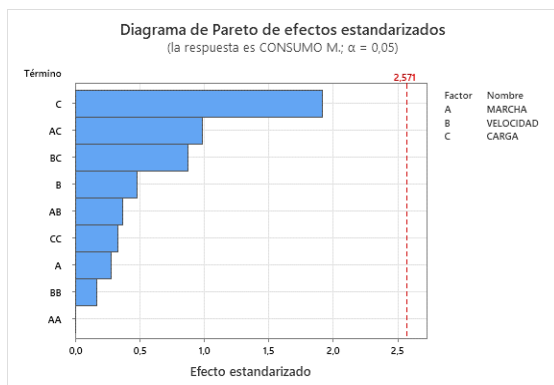
Fuente: Autores, 2022.

En las figuras 64 y 65 se muestran las gráficas de interacción de la fuerza en donde se observa que para ambas motocicletas en el factor de marcha\*carga existe un cruce importante el cual es significativo para la variación de la fuerza generada en las pruebas.

**7.9. Consumo vs marcha; velocidad y carga.**

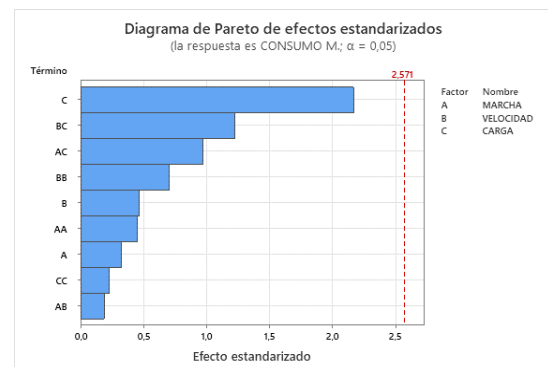
En las figuras 66 y 67 se observa el diagrama de Pareto donde se muestran los factores principales que influyen en el consumo del combustible.

**Figura 66**  
Consumo de la motocicleta estándar



Fuente: Autores, 2022.

**Figura 67**  
Consumo de la motocicleta modificada

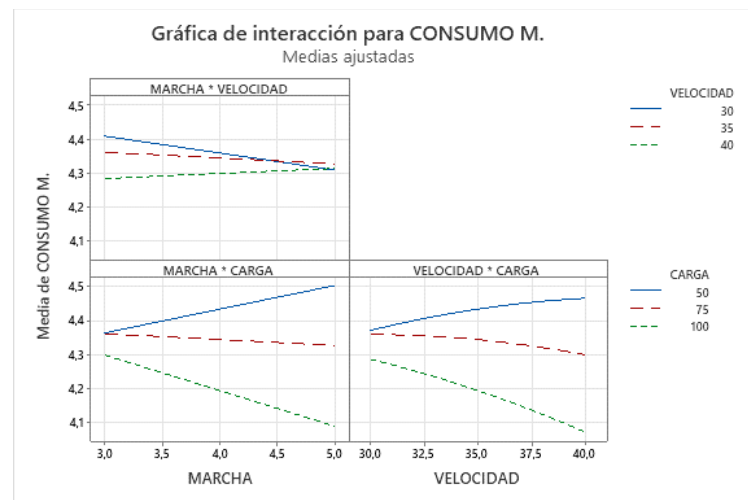


Fuente: Autores, 2022.

La figura 66 representa el consumo de la motocicleta estandar y la figura 67 el consumo de la modificada donde los factores de ambas se encuentran debajo del nivel de significancia, por lo que estos factores no tienen una influencia significativa para el consumo de combustible.

**Figura 68**

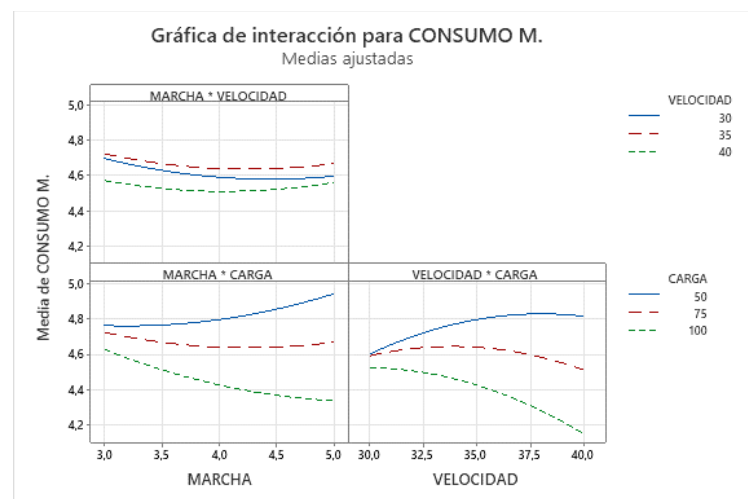
*Interacción del consumo de la motocicleta estándar*



Fuente: Autores, 2022.

**Figura 69**

*Interacción del consumo de la motocicleta modificada*



Fuente: Autores, 2022.

En la figura 68 y 69 se tiene las graficas de interaccion en las mismas que se nota que a pesar que los factores estan debajo del nivel de significancia se observa que existe mayor variación en la motocicleta modificada.

#### **7.10. Consumo de combustible en diferentes rutas**

Durante la medición de consumo de combustible generado en rutas específicas para la motocicleta estándar y modificada, se realizaron 3 rutas diferentes para la obtención de un valor más exacto las cuales se pueden apreciar en las figuras 32, 33 y 34 pudiendo decir así que la motocicleta estándar consumió un promedio de 0,01086 galones por kilómetro, mientras que la modificada consumió 0,0133 galones por kilómetro, estos valores se obtuvieron mediante un promedio de los valores consumo de las rutas establecidas los cuales se pueden observar en las tablas 14 y 15.

De la experimentación realizada se puede decir que la motocicleta que tiene el eje de levas y el tubo de escape modificado tiende a consumir más combustible que la motocicleta estándar, aunque también puede variar según la forma de conducir del conductor.

### **8. MARCO METODOLÓGICO**

La presente investigación se desarrolló partiendo de la metodología bibliográfica, en donde se buscó información técnica en distintas fuentes de consulta sobre los ejes de levas modificados y los tubos de escape de competencia, para conocer sobre el funcionamiento y detalles de estos elementos auxiliares.

A continuación, se utilizó la metodología analítica en donde se dividió por partes el desarrollo experimental, en primera instancia se estableció un diseño de experimentos para generar pruebas de laboratorio y de carretera que permitieran obtener los datos de cómo es el comportamiento de las prestaciones del motor de la motocicleta antes y después de que se hagan las modificaciones.



Como siguiente actividad, se empleó la metodología experimental para ejecutar varias pruebas de funcionamiento las cuales estén sometidas a factores como carga, velocidad y marcha, obteniendo variables de salida como potencia, torque, consumo, temperatura del motor, hidrocarburos no combustionados, dióxido de carbono, monóxido de carbono y oxígeno; además es importante recalcar que para las pruebas se utilizó combustible eco-país el cual cuenta con 85 octanos.

También se realizaron pruebas de rutas en donde se midió el consumo de combustible, estableciendo 3 rutas de conducción las cuales se pueden observar en las figuras 32, 33 y 34, partiendo desde un punto en específico controlando el tiempo y el kilometraje de recorrido para corroborar si existe una diferencia en el consumo entre la motocicleta estándar y la modificada.

Como punto final se usó la metodología deductiva la cual permitió hacer un análisis de las gráficas resultantes de la experimentación, las mismas que fueron obtenidas a través del software de ingeniería permitiendo deducir a través de un razonamiento lógico si se alcanzaron aspectos positivos o negativos del estudio realizado.

## **9. RESULTADOS**

Se logró generar el estudio de información técnica tanto del eje de levas modificado como del escape de competencia, para ello se usaron varias fuentes de información como libros, tesis, y artículos académicos, entre otros.

Posteriormente se desarrolló un diseño experimental, el cual permitió identificar y obtener los datos del comportamiento del motor que se generaron antes y después de las modificaciones, elaborando pruebas en el banco dinamométrico del laboratorio de la UPS y pruebas en rutas establecidas.

Al ejecutar dicho experimento se obtuvieron los datos del comportamiento del motor, las cuales fueron realizadas con diferentes factores para obtener los valores que se tabularon en un software de ingeniería los cuales se observan en la tabla 12 y 13, a partir de ello se creó un diseño de superficie de respuesta teniendo como resultado gráficas para una mejor comprensión y análisis de los resultados generados por ambas motocicletas.

Al analizar las distintas gráficas obtenidas del software de ingeniería se puede decir que las variables de fuerza, torque, potencia y consumo fueron superiores en la motocicleta modificada con respecto a los datos de la motocicleta estándar, por otra parte, casi todas las emisiones de la motocicleta modificada a comparación de la estándar disminuyeron, aunque no de una manera muy significativa, cabe resaltar que el dióxido de carbono no tuvo demasiada variación siendo el único que no disminuyo sino que genero un incremento de 0,226% de su valor promedio en comparación de la motocicleta estándar. Además, cuando se implementó el eje de levas se obtuvieron mejoras más influyentes en las prestaciones que cuando se implementó el tubo de escape modificado, los valores finales obtenidos se observan en la tabla 16.

**Tabla 16**  
*Variables de salida obtenidas*

VARIABLES DE SALIDA	MOTOCICLETA ESTÁNDAR	MOTOCICLETA MODIFICADA	UNIDADES
Potencia	2.857	3.19	kW
Fuerza	248.73	266.06	N
Torque	2.4	3	N*m
Consumo en laboratorio	0.01140	0.01217	gal/ km
Consumo en ruta	0.01086	0.0133	gal/ km

Temperatura del motor	80.13	80.33	°C
CO <sub>2</sub>	14.062	14.28	%
CO	1.995	1.54	%
O <sub>2</sub>	1.32	1.24	%
HC	253.20	251.73	PPM

*Fuente:* Autores, 2022.

## 10. CONCLUSIONES

Se cumplieron los objetivos propuestos pudiendo decir que la motocicleta modificada genero valores más elevados en sus prestaciones, sin embargo, existió una desventaja para las personas que la usen ya que la misma genero un mayor consumo de combustible.

Mediante el levantamiento de información técnica del eje de levas y tubo de escape se pudo realizar de manera concreta y rápida el apartado experimental junto con su análisis.

La motocicleta modificada genero menos emisiones contaminantes lo que permite a las personas respirar una mejor calidad de aire, sin embargo, la contaminación acústica se incrementó ya que el tubo de escape era de mayores dimensiones, el mismo que generaba ruidos por encima de los 85 decibeles que soporta el oído humano lo cual es dañino para la salud, debido a que el oído se ve gravemente afectado y más aún si se encuentra expuesto a este ruido durante largos periodos de tiempo.

A pesar de que la motocicleta estándar no fue tan eficiente en potencia y torque como la modificada, esta tuvo un menor consumo de combustible además de que era menos ruidosa al momento de generar las pruebas y verificar su funcionamiento.

## 11. RECOMENDACIONES

Se recomienda utilizar un solo conductor cuando se realicen pruebas de funcionamiento del motor, ya que estos valores tienden a generar demasiada variación por la forma en que se conduce.

Es recomendable utilizar componentes modificados únicamente para competencias, ya que los mismos consumen mayor combustible y eso no es lo más apropiado para la economía de las personas que las usan para transporte diario.

Para futuros estudios se recomienda utilizar implementos de seguridad como orejeras, mascarillas y guantes, para evitar tener efectos negativos en la salud producto de las pruebas realizadas cuando se implementan componentes modificados y también componentes estándar.

Al momento de hacer una modificación se recomienda hacer un análisis de los componentes a remplazar, para adquirir conocimiento sobre los mismos y a su vez conocer ventajas y desventajas que se puedan ocasionar durante el experimento y así poder evitar inconvenientes a la hora de generar una modificación.

## 12. BIBLIOGRAFÍA

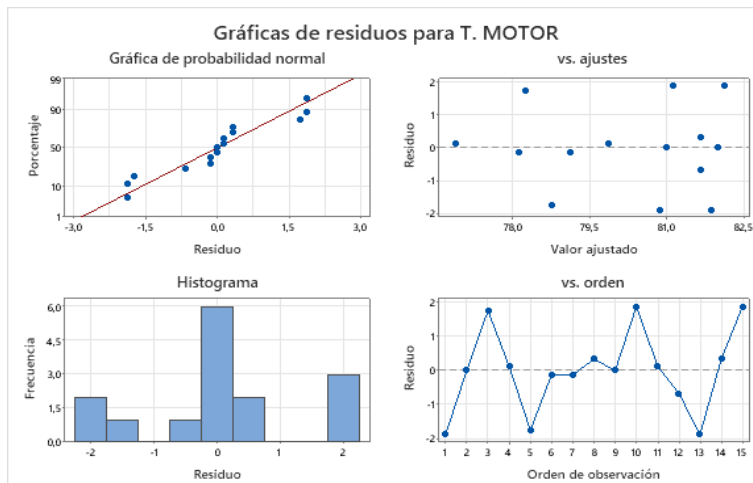
- Aguayo, L., & Gronneberg, I. (2010). *Diseño y construcción de un árbol de levas con perfiles modificados para mejorar el performance del motor CHEVROLET ALTO 2003 del laboratorio de motores aplicando el cuarto eje del CMV LEADWELL 760 AP*. Universidad de Fuerzas Armadas ESPE.
- Baquero, J. D. M. G. (2017). *Cálculo y diseño de un sistema de escape para un motor de Formula Student* [Universidad Carlos III de Madrid]. [https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/28204/TFG\\_Jose\\_Diaz-Maroto\\_Garcia-Vaquero.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/28204/TFG_Jose_Diaz-Maroto_Garcia-Vaquero.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Fau, C. B. (2004). *Estudio, análisis y mejora del proceso de fabricación de tubos de escape para motocicletas de cuatro tiempos* (Vol. 2004, Issue Plan 94) [Escola Tècnica Superior de Barcelona]. <http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/3653/31149-1.pdf?sequence=1>
- Funes, C. A. (2008). *Diseño de motores para competición*.
- Gillieri, S. (2007). *Preparacion de Motores de Serie para Competición* (CEAC).
- Jr, oseph E. S. & J. J. U. (2001). *Teoría de Máquinas y Mecanismos* (J. V. Brown (ed.)). McGraw Hill.
- Juncá Fernández, Ó. (2017). *Modelo numérico de un árbol de levas*. Universidad Carlos III de Madrid.
- Labiano, M. G. (2010). *Desarrollo De Tubos De Cola Flexibles Para Sistemas De Escape* [Universidad Pública de Navarra]. <http://academica-e.unavarra.es/bitstream/handle/2454/1788/577017.pdf?...1>

- Pérez Vilda, P. (2019). *Propuesta de metodología de análisis del diseño mecánico de un sistema de escape para motocicleta* [Universidad Carlos III de Madrid]. [https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/29607/TFG\\_Pablo\\_Perez\\_Vilda.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/29607/TFG_Pablo_Perez_Vilda.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Rivera, N. D., & Chica, J. F. (2015). *ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN MOTOR CICLO OTTO DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA RESPECTO DE LA ESTEQUIOMETRÍA DE LA MEZCLA Y DEL ADELANTO AL ENCENDIDO PARA LA CIUDAD DE CUENCA*. Escuela Politécnica Nacional.
- Valenzuela, N. (2021). *Memoria final Nahuel Valenzuela Balcarce PONENT : Klára Vékony PRIMAVERA 2021 Agradecimientos* [Universidad Pompeu Fabra Barcelona]. [https://repositori.tecnocampus.cat/bitstream/handle/20.500.12367/497/2106\\_Branco\\_Nahuel\\_Valenzuela\\_Balcarce\\_TFG\\_-\\_Memoria\\_final\\_-\\_Nahuel\\_Valenzuela\\_96850\\_71207804.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositori.tecnocampus.cat/bitstream/handle/20.500.12367/497/2106_Branco_Nahuel_Valenzuela_Balcarce_TFG_-_Memoria_final_-_Nahuel_Valenzuela_96850_71207804.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Ying-lin, D., Hou, B., & Lan, C. (2017). Un mecanismo de leva de equilibrio para minimizar la fluctuación del par de los árboles de levas del motor. In *Teoría de Mecanismos y Máquinas* (Vol. 108, pp. 160–175). Elsevier.
- Zabalza, I., & Rípodas, F. (2015). *Mejora continua en una línea de producción de Hot Ends de tubos de escape* [Universidad Pública de Navarra]. <https://academica-e.unavarra.es/xmlui/handle/2454/19162>

### 13. ANEXOS

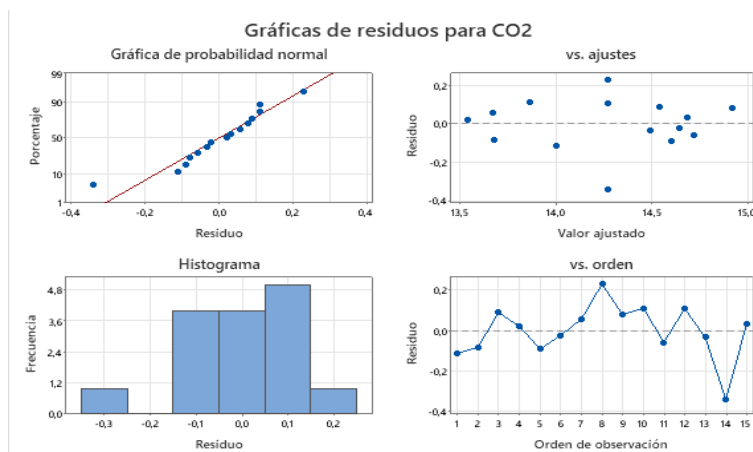
**Figura A-1**

*Residuos para la Temperatura del motor de la motocicleta modificada*



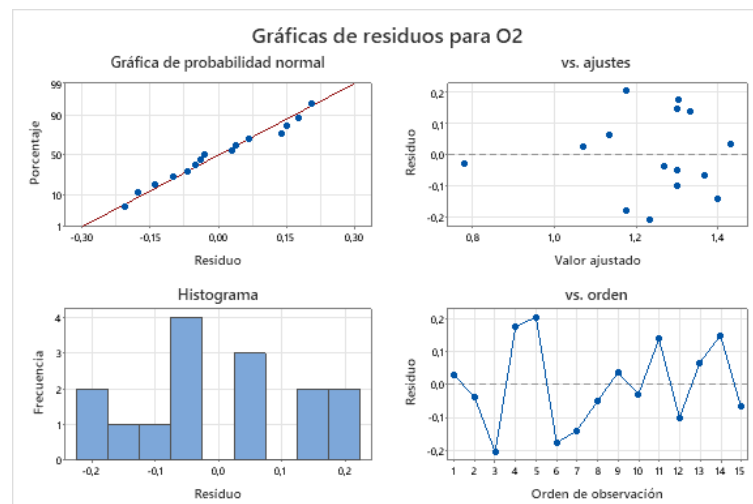
**Figura A-2**

*Residuos para el CO2 de la motocicleta modificada*



**Figura A-3**

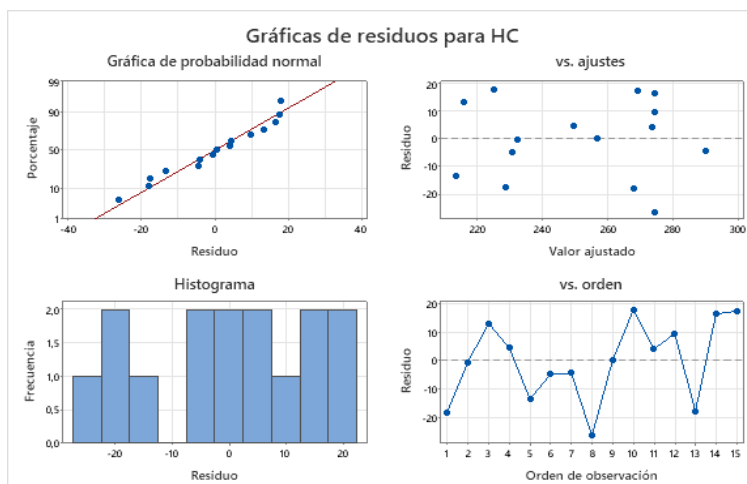
*Residuos para el O2 de la motocicleta modificada.*





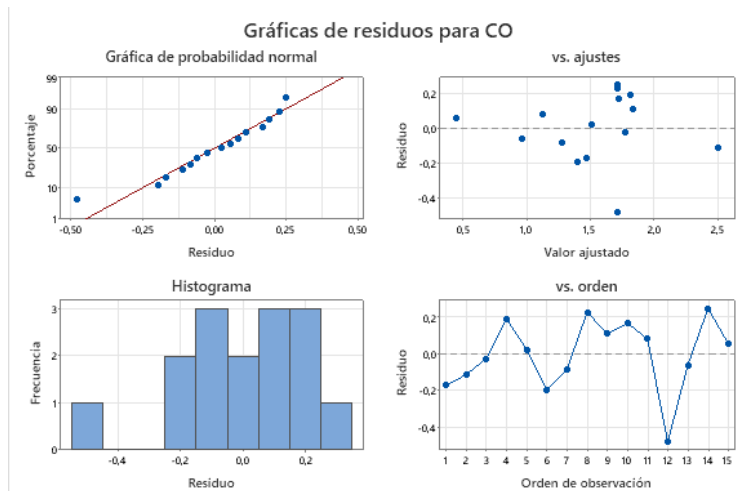
**Figura A-4**

*Residuos para el HC de la motocicleta modificada.*



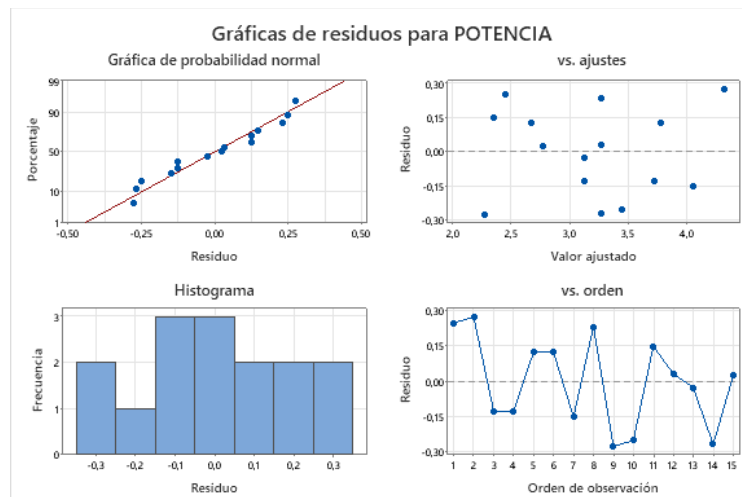
**Figura A-5**

*Residuos para el CO de la motocicleta modificada*



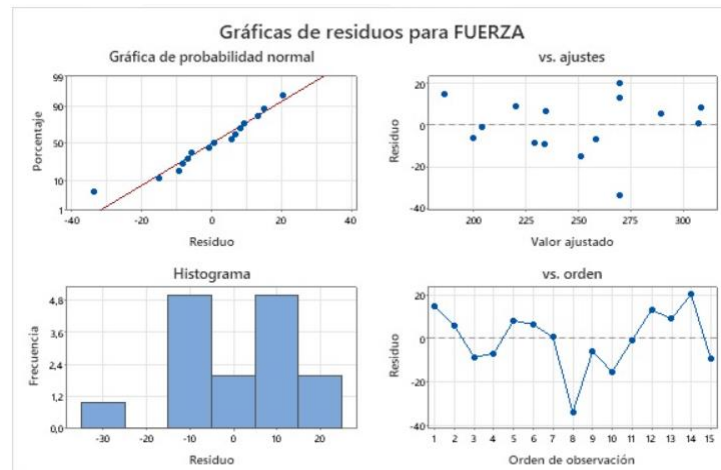
**Figura A-6**

*Residuos para la potencia de la motocicleta modificada*



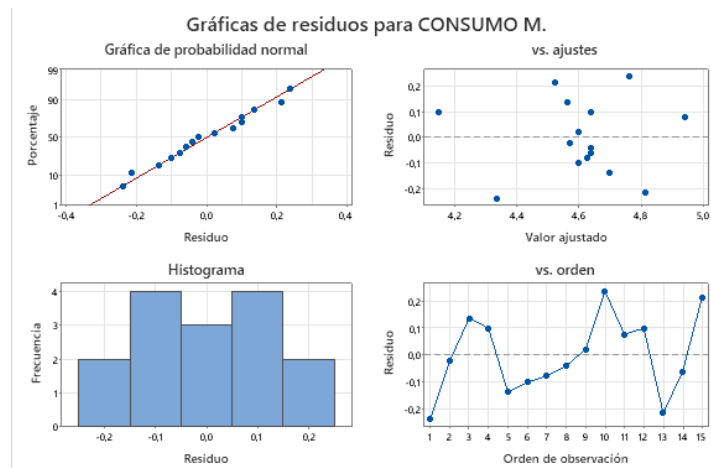
**Figura A-7**

*Residuos para la fuerza de la motocicleta modificada*



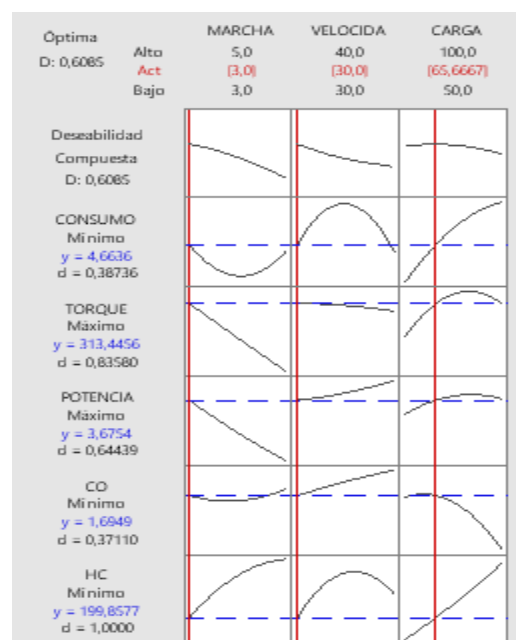
**Figura A-8**

*Residuos para el consumo de la motocicleta modificada.*



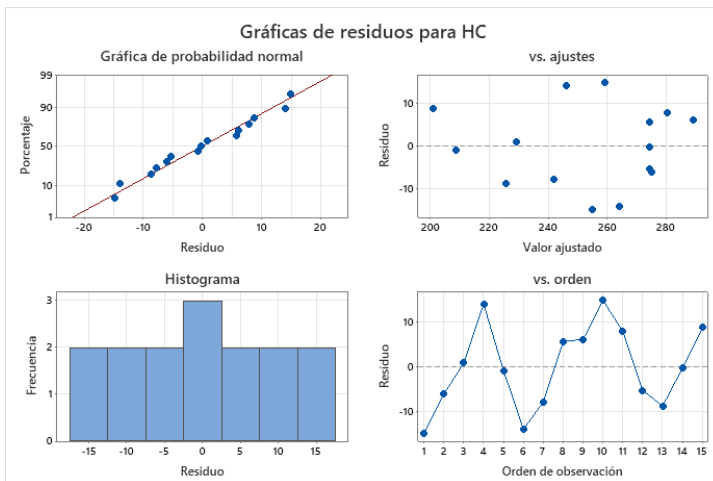
**Figura A-9**

*Optimización de respuesta de la motocicleta modificada*



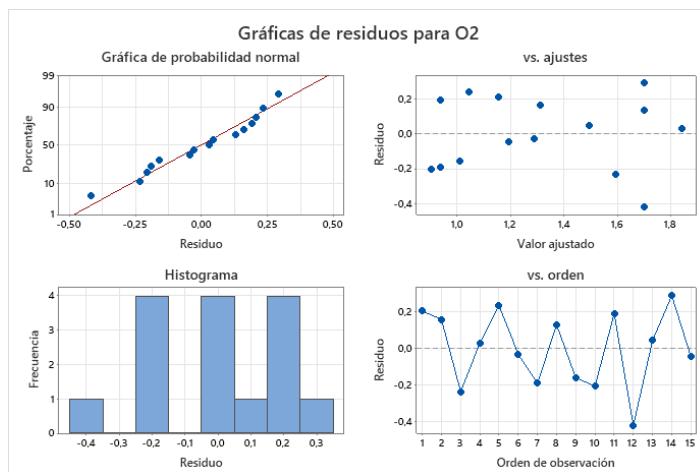
**Figura A-10**

*Residuos para el HC de la motocicleta estándar*



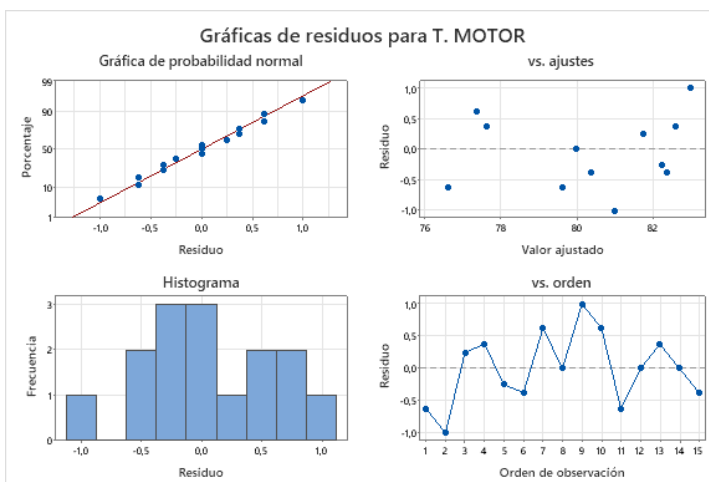
**Figura A-11**

*Residuos para el O2 de la motocicleta estándar*



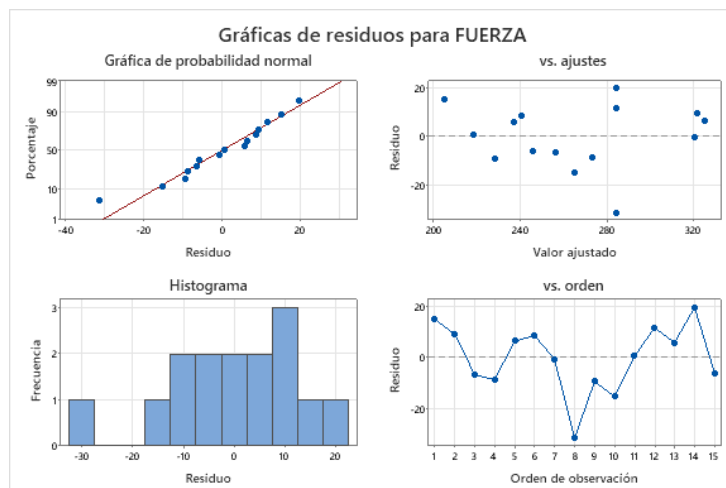
**Figura A12**

*Residuos para la temperatura del motor de la motocicleta estándar*



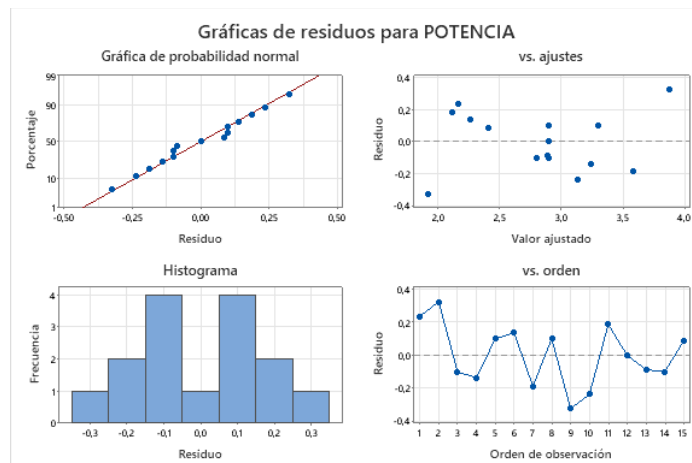
**Figura A-13**

*Residuos para la fuerza del motor de la motocicleta estándar*



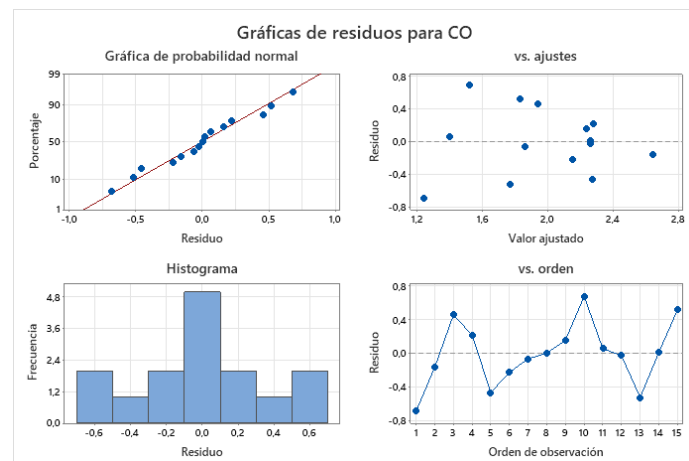
**Figura A-14**

*Residuos para la potencia del motor de la motocicleta estándar*



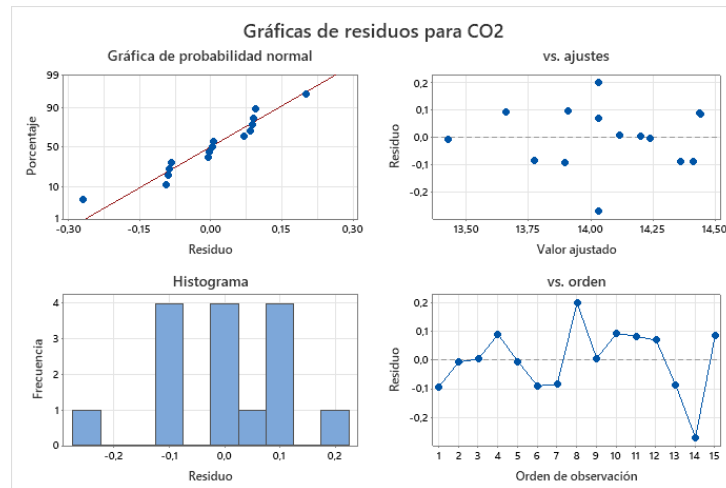
**Figura A-15**

*Residuos para el CO de la motocicleta estándar*



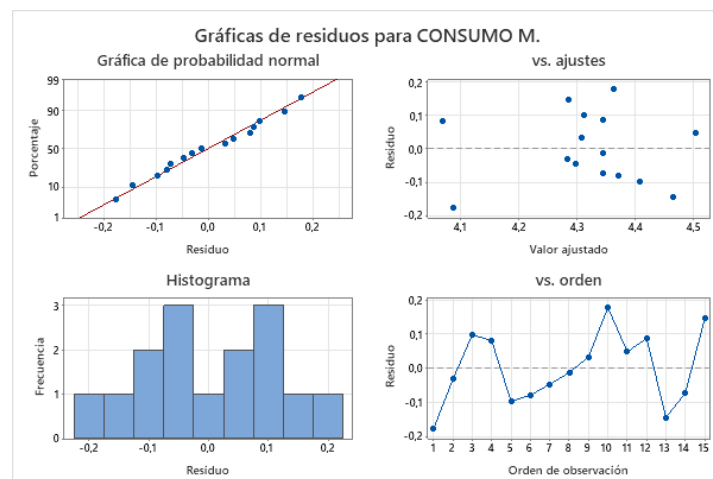
**Figura A-16**

*Residuos para el CO2 de la motocicleta estándar*



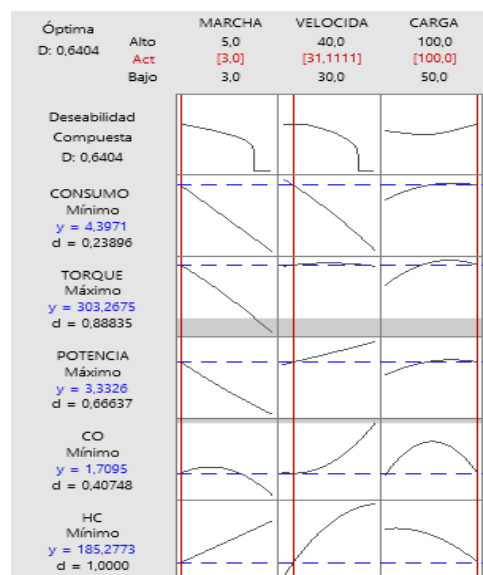
**Figura A-17**

*Residuos para el consumo del motor de la motocicleta estándar*



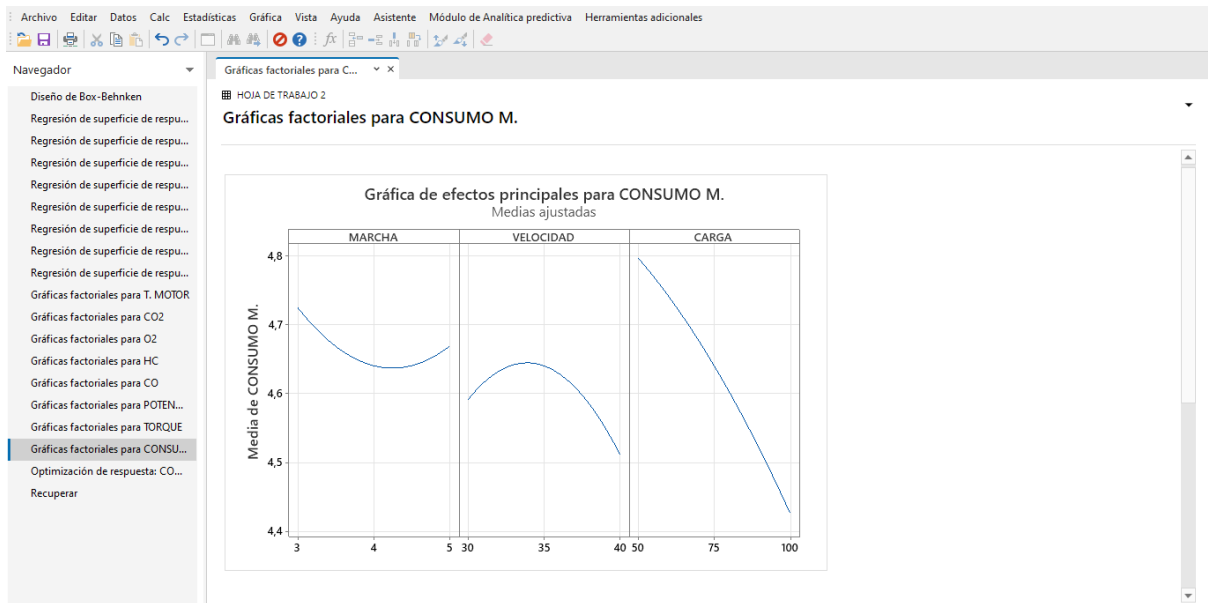
**Figura A-18**

*Optimización de respuesta de la motocicleta estándar*



**Figura A-19**

*Media de consumo de motocicleta modificada*



**Figura A-20**

*Media de consumo de motocicleta estándar*

