



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE GUAYAQUIL**

**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**ESTUDIO COMPARATIVO DE NIVELES DE EMISIONES CONTAMINANTES Y  
PRESTACIONES EN UN VEHÍCULO DE LA SUBCATEGORÍA M1 KIA RIO 2019  
CON LOS COMBUSTIBLES SÚPER Y ECOPAÍS, EN PRUEBAS ESTÁTICAS A  
NIVEL DEL MAR**

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

**AUTORES:**

LUIS FRANCISCO PEÑAFIEL MARTÍNEZ  
JONATHAN ALFREDO VERA VERA

**TUTOR:**

ING. ROGELIO SANTIAGO LEÓN JAPA, M.SC.

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

**2022**

## CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Luis Francisco Peñafiel Martínez, con documento de identificación N.º 0950782334 y Jonathan Alfredo Vera Vera, con documento de identificación N.º 0951556075; 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.

Guayaquil, 25 de febrero del año 2022

Atentamente,



---

Luis Francisco Peñafiel Martínez

0950782334



---

Jonathan Alfredo Vera Vera

0951556075

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

Nosotros, Luis Francisco Peñafiel Martínez, con documento de identificación No. 0950782334 y Jonathan Alfredo Vera Vera, con documento de identificación No. 0951556075, 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 comparativo de niveles de emisiones contaminantes y prestaciones en un vehículo de la subcategoría M1 kia rio 2019 con los combustibles súper y ecopaís, en pruebas estáticas a nivel del mar”, 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.

Guayaquil, 25 de febrero del año 2022

Atentamente,



---

Luis Francisco Peñafiel Martínez

0950782334



---

Jonathan Alfredo Vera Vera

0951556075

## **CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Rogelio Santiago León Japa con documento de identificación N.º 1900393883, docente de la Universidad , declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: ESTUDIO COMPARATIVO DE NIVELES DE EMISIONES CONTAMINANTES Y PRESTACIONES EN UN VEHÍCULO DE LA SUBCATEGORÍA M1 KIA RIO 2019 CON LOS COMBUSTIBLES SÚPER Y ECOPAÍS, EN PRUEBAS ESTÁTICAS A NIVEL DEL MAR, realizado por los estudiantes, Luis Francisco Peñafiel Martínez con documento de identificación N.º 0950782334 y por Jonathan Alfredo Vera Vera con documento de identificación N.º 0951556075, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 25 de febrero del año 2022

Atentamente,



---

Ing. Rogelio Santiago León Japa M.Sc.

1900393883

## DEDICATORIA

*Al finalizar este proyecto, que es el resultado y constancia de un largo proceso académico, dedico esta tesis a Dios por brindarme la oportunidad de vida, salud y sabiduría.*

*A mi madre Fanny Jeannethe Martínez Martínez, gracias por permanecer a mi lado y brindarme el apoyo incondicional en esta etapa académica y ser parte de mi inspiración personal para seguir adelante en cada propósito de la vida, pues sin tu bendición, protección y guía hacia el camino del bien no lo habría logrado, por eso y más te dedico mi trabajo.*

*Luis Peñañiel Martínez*

## DEDICATORIA

*Este proyecto de titulación va dedicado en primer lugar a Dios, puesto que estoy convencido que fue él quien depositó toda la entrega, perseverancia, sabiduría y conocimientos necesarios para cumplir con una meta más en mi vida.*

*En segundo lugar, dedico esta tesis a mis padres, Monserrate Vera y Wilson Vera, pues ellos fueron mi principal motivación desde el instante en que decidí comenzar esta interesante etapa. A ellos me debo completamente por mantenerse a mi lado dándome aliento y buenas vibras a pesar de las adversidades. Quienes con su amor, esfuerzo y sacrificio han hecho de mí una persona de bien.*

*Por último y no menos importante, dedico este trabajo de titulación a mis abuelos tanto los que me acompañan en vida y los que desafortunadamente no pudieron verme culminar una etapa tan importante y valiosa como esta.*

*Siempre busqué y buscaré enorgullecer a mi familia y dejar el apellido en lo más alto.*

*Jonathan Vera Vera*

## AGRADECIMIENTO

*En primer lugar, agradezco a Dios por permitirme estar con vida y salud, para poder culminar y lograr una meta más en vida.*

*A los integrantes de mi familia, en especial a mis padres Luis Peñafiel y Fanny Martinez por brindarme apoyo incondicional lo cual ha sido fortaleza e inspiración para culminar esta etapa académica.*

*Agradezco a mi amigo y compañero de tesis Jonathan Vera por compartir sus conocimientos y amistad.*

*A mis amigos y a mi compañera de vida por las buenas experiencias y momentos vividos, la motivación y ganas de superarse de cada uno.*

*Agradezco a la Universidad Politécnica Salesiana por brindarme la oportunidad de crecer y educarme en las aulas y laboratorios, en lo que me apasiona.*

*Agradezco a mi tutor de tesis, el Ing. Rogelio León Japa, M.Sc. por su apoyo desinteresado y por compartir con nosotros sus conocimientos que aportaron mucho para el desarrollo de este proyecto.*

*Luis Peñafiel Martinez*

## AGRADECIMIENTO

*En primer lugar, agradezco a Dios por brindarme salud y vida durante todo este proceso, por haberme brindado unos padres perseverantes, responsables y sobre todo luchadores a los cuales considero como pilares fundamentales en mi vida y gran ejemplo por enseñarme a nunca desistir de mis sueños.*

*Gracias a toda mi familia, en especial a mis padres Monserrate y Wilson, los cuales han estado desde el primer instante en el que comencé este sueño y nunca dudaron de mis capacidades para lograrlo, al contrario, me dieron siempre su apoyo y la atención necesaria para poder lograr lo anhelado.*

*Gracias a mi compañero de tesis y amigo Luis que conocí en todo este largo proceso por compartir los conocimientos y el esfuerzo para cumplir con la meta que tenemos planteada.*

*Gracias a todos mis compañeros que conocí a lo largo de esta carrera universitaria por el trato y tantas experiencias vividas.*

*Agradezco a la UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA por cada aprendizaje dado desde el primer instante y por la calidad de docentes que día a día trabajan incansablemente para formar y forjar buenos profesionales.*

*A mi director de tesis, Ing. Rogelio León Msc., por guiarnos hasta cumplir con el trabajo final mostrando paciencia, predisposición y sobre todo experiencia en todo momento. Agradezco ese aporte de motivación tan importante y necesario que nos impulsó a culminar este trabajo de titulación.*

*Jonathan Vera Vera*



## ÍNDICE DE CONTENIDO GENERAL

DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO.....	viii
ÍNDICE DE CONTENIDO GENERAL.....	ix
RESUMEN.....	xv
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. PROBLEMA.....	2
2.1 Importancia y alcance.....	3
2.2 Delimitación.....	4
3. OBJETIVOS.....	5
3.1 Objetivo general.....	5
3.2 Objetivo específico.....	5
4. FUNDAMENTO TEÓRICO.....	5
4.1 Fundamentos del motor de combustión interna alternativo (MCIA).....	5
4.2 Principios termodinámicos.....	6
4.3 Principios físicos.....	7
4.4 Motor de 4 tiempos.....	7
4.5 Parámetros de los que dependen las prestaciones de un motor.....	9
4.5.1 Factor Lambda y las emisiones.....	9
4.5.2 Carga.....	10
4.5.3 Potencia.....	10
4.5.4 Par motor.....	11
4.6 Normas INEN.....	12
4.6.1 Norma técnica ecuatoriana INEN 2203:2000.....	12
4.6.2 Norma técnica ecuatoriana INEN:2204.....	13
4.6.3 Límites de emisiones por legislación EURO.....	14
4.6.4 Especificaciones técnicas de las gasolinas comercializadas en Guayaquil.....	15

4.7 Método estadístico .....	15
4.7.1 Análisis de varianza (ANOVA) .....	15
4.7.2 Metodología de superficie de respuesta .....	15
4.7.3 Análisis de conglomerados (Análisis Clúster) .....	16
4.7.4 Análisis Factorial.....	16
4.8 Herramientas y procesos para la adquisición de datos de emisiones.....	16
4.8.1 Analizador de gases.....	17
4.8.2 Prueba estática.....	17
4.8.3 Prueba ralentí elevado .....	17
4.9 Emisiones contaminantes de los vehículos .....	17
4.10 Los combustibles fósiles .....	18
4.10.1 Combustibles.....	18
4.10.2 Combustible ECOPAÍS.....	19
4.10.3 Combustible SÚPER.....	19
4.10.4 Características de la gasolina .....	19
4.10.5 Poder antidetonante .....	19
4.10.6 Poder calorífico .....	20
4.10.7 Densidad.....	20
5. MARCO METODOLÓGICO .....	20
5.1 Diseño de experimento .....	20
5.2 Diseño del diseño experimental.....	20
5.2.1 Variables de Respuesta.....	21
5.2.2 Variables de Bloqueo .....	22
5.2.3 Variables de Ruido.....	22
5.2.4 Variables de Estudio.....	22
5.3 Unidad experimental.....	23
5.3.1 Selección del vehículo.....	23

5.4 Vehículo de prueba .....	25
5.5 Analizador de Gases .....	27
5.6 Contador de revoluciones del motor .....	28
5.6.1 Características técnicas generales .....	29
5.7 OBDLink Mx+.....	29
5.8 OBDwiz .....	30
5.9 Número de RON de los niveles de gasolina. ....	31
5.10 Desarrollo del diseño experimental .....	31
5.10.1 Pasos para la realización del diseño experimental .....	33
5.11 Estructura del diseño experimental.....	36
6. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	38
6.1 Análisis ANOVA .....	38
6.2 Análisis ralentí .....	47
6.3 Análisis a media carga .....	49
6.4 Prestaciones de la unidad experimental .....	51
7. CONCLUSIONES.....	55
8. RECOMENDACIONES .....	57
9. BIBLIOGRAFÍA.....	58
Anexo 1 Requisitos Específicos.....	62
Anexo 2 Procedimiento para conectar el equipo Brain Bee MGT-300 RPM Counter. ....	64
Anexo 3 Partes Del Analizador De Gases.....	68
Anexo 4 Proceso De La Interface.....	71
Anexo 5 Umbrales De Emisiones De Gases. ....	74
Anexo 6 Temperaturas según pruebas experimentales.....	76
Anexo 7 Gráficas Finales De Superficie. ....	78

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Principio termodinámico.....	6
Figura 2. Principios físicos.....	7
Figura 3. Motor Otto de 4 tiempos. ....	8
Figura 4. Gráfica de emisiones principales de un vehículo a gasolina.....	9
Figura 5. Combustión real. ....	10
Figura 6. Acciones básicas en MSR.....	16
Figura 7. Proceso de diseño experimental. ....	20
Figura 8. Variables del proceso de diseño experimental.....	21
Figura 9. Clasificación vehicular.....	23
Figura 10. Promedio de ventas. ....	24
Figura 11. Mercado adquisición de automotores.....	24
Figura 12. Mercado adquisitivo de automotores.....	26
Figura 13. Equipo analizador de gases Brain Bee AGS-688.....	27
Figura 14. Contador de revoluciones.....	28
Figura 15. Dispositivo OBDLink Mx+ 1.. ....	30
Figura 16. Conexión OBDLink Mx+1.. ....	30
Figura 17. Tablero OBDwiz.....	31
Figura 18. Matriz de diseño factorial de múltiples niveles.....	32
Figura 19. Proceso para la ejecución.....	33
Figura 20. Elegir el diseño factorial. ....	33
Figura 21. Selección de diseño.....	34
Figura 22. Verificación de diseño.. ....	34
Figura 23. Selección de resultados.. ....	35
Figura 24. Resultado del diseño Factorial RON- RPM.....	35
Figura 25. Estructura del diseño experimental con las variables.. ....	36
Figura 26. Flujograma para la adquisición de datos generales.....	37
Figura 27. Gráfica de residuos para CO.....	39
Figura 28. Análisis de varianza.. ....	39
Figura 29. Gráfica de intervalos de CO vs respuesta.. ....	40
Figura 30. Gráficas de residuos para CO <sub>2</sub> .....	41
Figura 31. Análisis de varianza.. ....	41
Figura 32. Gráfica de intervalos de CO <sub>2</sub> vs respuesta.....	42

Figura 33. Gráfica de residuos para HC..	43
Figura 34. Análisis de varianza..	43
Figura 35. Gráfica de intervalos de HC vs respuesta..	44
Figura 36. Valores del CO.....	45
Figura 37. Valores del CO <sub>2</sub> .....	46
Figura 38. Valores del HC.....	46
Figura 39. Potencia.....	52
Figura 40. Par motor.....	53
Figura 41 Potencia Vs Par motor	54
Figura 42 Comportamiento del HC con súper.....	54
Figura 43 Análisis del HC.....	55

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tiempos de operación de un MEP.....	8
Tabla 2. Límites máximos de emisiones permitidos para fuentes móviles con motor de gasolina. Marcha mínima o ralentí (prueba estática).....	13
Tabla 3. Límites de emisiones para vehículos pasajeros.....	14
Tabla 4. Límites de emisiones para vehículos comerciales.....	15
Tabla 5. Variables de repuesta.....	21
Tabla 6. Variables de bloqueo.....	22
Tabla 7. Variables de ruido.....	22
Tabla 8. Variables de estudio.....	22
Tabla 9. Categorías de vehículos más vendidos.....	25
Tabla 10. Especificaciones técnicas del vehículo.....	25
Tabla 11. Parámetros de medición del equipo Brain Bee AGS -800.....	27
Tabla 12. Homologaciones del analizador de gases Brain Bee AGS – 800.....	28
Tabla 13. Campo de medición del equipo MGT – 300.....	28
Tabla 14. Características técnicas generales del equipo MGT – 300 equipo.....	29
Tabla 15. Definición OBDLink.....	30
Tabla 16 Niveles de combustibles.....	31
Tabla 17. Diseño Factorial Completo General.....	32
Tabla 18. Emisiones de gasolina ECOPAÍS.....	44
Tabla 19. Emisiones de mezcla de gasolina.....	45
Tabla 20. Emisiones de gasolina super.....	45
Tabla 21. Resultados estadísticos en ralentí con gasolina ECOPAÍS.....	47
Tabla 22. Resultados estadísticos en ralentí con gasolina súper.....	48
Tabla 23. Resultados estadísticos en ralentí con la mezcla de ambas gasolinas.....	48
Tabla 24. Resultados estadísticos a media carga con gasolina ECOPAÍS.....	49
Tabla 25. Resultados estadísticos a media carga con gasolina súper.....	50
Tabla 26. Resultados estadísticos a media carga con la mezcla de ambas gasolinas.....	50

## RESUMEN

El presente proyecto de titulación tiene por objetivo realizar un estudio comparativo de emisiones de gases y prestaciones del motor en un vehículo KIA RIO 2019, basado en la influencia de la gasolina Súper, Ecopaís y una mezcla de ambos combustibles, mediante pruebas estáticas experimentales. Con el objetivo de obtener resultados que muestren los porcentajes de contaminación ambiental que producen los 3 niveles de combustibles en ralentí bajo y ralentí alto para realizar un análisis comparativo de resultados.

En primera instancia se determina una revisión bibliográfica y recopilación de datos acerca de motores Otto, combustibles fósiles Súper y Ecopaís, normas de emisiones nacionales e internacionales, métodos estadísticos asequibles y herramientas disponibles para la adquisición de datos en el área automotriz.

Para el desarrollo metodológico se procede a definir las variables de entrada que intervienen en el proceso previo a realizar las pruebas, siendo tipo de combustible y rpm. Se realiza un diseño experimental en el software MINITAB, debido a que este permite conocer el número de corridas y bajo que niveles de combinaciones se realiza el análisis previo.

Por lo que, para la obtención de datos en primer lugar, se realiza con las siguientes consideraciones de parametrización: temperatura ideal del motor, sensor IAT y la carga del motor. Estos valores se obtienen a través de una base de datos de la interfaz llamada OBDWIZ que trabaja en conjunto al equipo OBDLINK y las emisiones a través de la interfaz del analizador de gases.

Por último, se demuestra la validación y análisis de los resultados en base a las diversas respuestas a considerar como potencia y par motor de parámetros del MEP y emisiones contaminantes como CO, HC, CO<sub>2</sub> en pruebas de ralentí bajo y ralentí alto con el vehículo en pruebas estáticas a nivel del mar, a través de métodos estadísticos fiables como ANOVA y estadística fundamental, lo cual será información de alta importancia para el diseño de una movilidad sostenible y futuros trabajos de investigación.

**Palabras claves:** emisiones contaminantes, dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO), HC, potencia, par motor, pruebas estáticas a nivel del mar, revisión vehicular, motor Otto, datos, prestaciones del motor.

## ABSTRACT

This degree project aims to carry out a comparative study of gas emissions and engine performance in a KIA RIO 2019 vehicle, based on the influence of Super gasoline, Ecopaís and a mixture of both fuels, through experimental static tests. To obtain results that show the percentages of environmental contamination produced by the 3 fuel levels at low idle and high idle to perform a comparative analysis of results.

In the first instance, a bibliographic review and compilation of information on Otto engines, Super and Ecopaís fossil fuels, national and international emission standards, affordable statistical methods and available tools for data acquisition in the automotive area are carried out.

For the methodological development, the input variables that intervene in the process prior to carrying out the tests are defined, being the type of fuel and rpm. An experimental design is carried out in the MINITAB software, because it allows knowing the number of runs and under which levels of combinations the data acquisition is carried out.

To obtain data, firstly, it is done with the following parameterization considerations: ideal engine temperature, IAT sensor and engine load. These values are obtained through an interface database called OBDWIZ that works together with the OBDLINK equipment and the emissions through the gas analyzer interface.

Finally, the validation and discussion of the results is presented based on the various responses to be considered as power and torque of MEP parameters and polluting emissions such as CO, HC, CO<sub>2</sub> in low idle and idle tests. high with the vehicle in static tests at sea level, through reliable statistical methods such as ANOVA and fundamental statistics, which will be highly important information for the design of sustainable mobility and future research work.

**Keywords:** *polluting emissions, carbon dioxide (CO<sub>2</sub>), carbon monoxide (CO), HC, power, torque, static tests at sea level, vehicle inspection, Otto engine, data, engine performance.*



## 1. INTRODUCCIÓN

Los combustibles fósiles son un recurso necesario para los vehículos de combustión interna y estos a su vez para la movilidad humana, por eso este tema está en constante análisis, debate e investigación. En Ecuador uno de los combustibles más demandados, después del diésel (36,14%), son las gasolinas alrededor del 31,04% corresponde a este combustible según cifras del tercer trimestre presentadas por el Banco Central del Ecuador (2021) en un reporte del sector petrolero. Aquello también implica una constante emisión de gases contaminantes, la cual no solo dependería de la calidad del combustible sino de otros factores como la antigüedad, mantenimiento del motor, entre otros. Otra situación es la migración de los consumidores de gasolina súper a gasolina extra o ecopaís, por liberación del precio de la súper, haciendo posiblemente que la capacidad máxima de potencia del motor difiera con el cambio de gasolina. Según El comercio (Pacheco, 2019) en una publicación indica que existe una migración del consumo de gasolina súper a gasolina extra y ecopaís, que para los usuarios de vehículos representan un ahorro de sus ingresos, sin embargo, será tan cierto ese ahorro si se lo analiza desde un largo plazo, pues la cantidad de azufre en la gasolina extra y ecopaís es mayor que en la súper por lo que contribuye a ensuciar el motor y otros sistemas del vehículo en su composición. Cuando se usa gasolina extra con el fin de ahorrar dinero se está poniendo en riesgo al motor debido a que este puede funcionar correctamente, pero a la larga afecta en el sistema de encendido y sistema de alimentación debido a las impurezas que este posee (Carsync, 2018)

Por eso en la presente investigación desarrollada en la ciudad de Guayaquil se usará un vehículo de la subcategoría M1 KIA RIO 5 2019 para realizar un estudio experimental para calcular las prestaciones y medir las emisiones contaminantes con el uso de gasolina súper y ecopaís a diferentes revoluciones y de forma estática.

El método de investigación adoptado es experimental, porque se tomó datos, se los verificó y se presentó los resultados, también es descriptiva y documental porque se utilizó información secundaria y describió la problemática de esta investigación. La investigación empieza con el planteamiento del problema, en este apartado se detalla la problemática, alcance, delimitación y objetivos de la investigación. Seguido se plantea un marco teórico que sustente cada término, concepto y variables utilizada en la investigación. Luego se expone el método utilizado en la investigación para el proceso del experimento, para culminar con el desarrolló del análisis y la discusión de los resultados obtenidos para extraer una conclusión que permita indicar si los

objetivos se cumplieron y dar unas recomendaciones basados en el proceso de esta investigación.

## **2. PROBLEMA**

Inicialmente, se indica que el precio de las gasolinas en el Ecuador ha aumentado de manera considerable, específicamente la gasolina súper desde el 2018 con la eliminación del subsidio de este combustible, el gobierno marcó un antes y un después en el consumo de gasolinas en el Ecuador. Por ejemplo, entre enero y junio del 2018 se vendieron 2,34 millones de barriles de gasolina súper, mientras que en el 2019 esta cifra fue de 1,4 millones de barriles, una reducción de alrededor del 38% en la demanda (Primicias, 2020).

De modo que, el consumo como la oferta de este combustible se vieron afectados de manera negativa, los usuarios se vieron en la obligación de migrar a consumir gasolina extra y ecopaís ambas con 87 de octanaje. Lo que incide, en usuarios con vehículos que por fabricación requieren de gasolinas con mayor octanaje por tener un motor de mayor comprensión, optaron por decidir un menor costo por gasolina a costa de disminuir el rendimiento, ser eficiente en el consumo de la gasolina y disminuir los efectos negativos de las emisiones contaminantes (El comercio, 2021).

De tal manera, según los antecedentes experimentales y en el contexto actual vuelve el debate ante la disyuntiva de elegir una gasolina de menor octanaje y precio frente a una gasolina de octanaje de 92 y con un precio al alza cada mes que el precio del petróleo a nivel internacional se incrementa por la misma volatilidad que representa esta materia prima en el mercado internacional. Es decir, si se adiciona que el octanaje de la gasolina súper no se ha incrementado desde el 2018, estando por debajo de la normativa Euro 3 cuyo octanaje mínimo es de 95 octanos y llegando hasta 98 octanos (El comercio, 2021).

A través del análisis comparativo del consumo de combustible se analizará la eficiencia de las gasolinas con un mismo motor, con las variables de potencia, par motor y emisiones. Además, de establecer los datos sobre las emisiones y obtener una conclusión específica sobre la contaminación en el medio ambiente por el uso de estas gasolinas.

Por esta razón, los resultados obtenidos de esta investigación permitirán tener información precisa de los efectos que puede llegar a suceder en el comportamiento del vehículo ante el cambio de uso de una gasolina de mayor octanaje a otra de menor octanaje. Dicha, propuesta pretende ampliar los conocimientos e información que se tienen como referencia sobre este tema u otros afines al proyecto planteado, esperando que sirva como fuente secundaria de información para futuros estudios

## **2.1 Importancia y alcance**

De tal forma, que el presente alcance de este proyecto será académico, experimental y medio ambiental, la información y datos permitirán beneficiar de referencia para la Universidad Politécnica Salesiana y específicamente a asignaturas de Motores de Combustión Interna, Tren de fuerza Motriz, Electrónica Analógica y Digital, y Motores de Encendido Provocado. Esta investigación tiene un diseño experimental haciendo uso de métodos científicos que permitirán generar un conocimiento que contenga un proceso lógico y sistemático. Para que se lleve a cabo el orden y análisis de datos se requerirá de herramientas y métodos estadísticos.

Por ello, la relevancia de este proyecto radica en el análisis y el estudio comparativo de prestaciones y emisiones contaminantes de las gasolinas que se comercializan en Guayaquil, específicamente de la gasolina Súper y Ecopaís. Mediante la recopilación y análisis de prestaciones de combustible se utilizará un vehículo KIA RIO 5 2019 con motor 1.400  $cm^3$  en cual se realizarán diversas pruebas de forma estática. Del mismo modo, para la ejecución de las pruebas se considerará dos revoluciones en un tiempo previamente establecidos y como medio de obtención de estos datos se hará uso del OBDLink Mx+ el cual permitirá obtener los siguientes datos:

- Temperatura del aire de entrada al motor.
- Carga del motor.
- Régimen de giro (RPM).
- Presión de vacío en el colector de admisión.
- Temperatura del refrigerante del motor.
- Posición de la válvula de mariposa de aceleración. (OBDLink, 2022)

## 2.2 Delimitación

Por otro lado, el estudio propuesto se realizará en la ciudad de Guayaquil, el vehículo de análisis se encontrará a 4 msnm, específicamente en las instalaciones de la Universidad Politécnica Salesiana, se utilizará un vehículo liviano KIA RIO 2019 como unidad experimental; es decir el proceso del estudio se ejecutará con el vehículo de forma estática el mismo que es un estado que permanece el vehículo en mayor tiempo en situación de alto tráfico y que se emplea en la revisión técnica vehicular (RTV), según la NTE INEN 2204 (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2017).

De forma general el proceso para llevar a cabo este estudio será el siguiente.

- Se trasladará el vehículo liviano KIA RIO 2019 a los laboratorios de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil. Para el estudio experimental, se usará el método de prueba estática, específicamente la prueba de ralentí bajo y ralentí elevado, considerando que en la experimentación el vehículo mantendrá las temperaturas normales de funcionamiento (90 - 96 °C), bajo estas pruebas el motor mantendrá una aceleración entre 2000 y 3000 revoluciones por minuto (rpm) durante un tiempo determinado, mediante estos parámetros el siguiente proceso será adquirir los datos de las emisiones contaminantes.
- Para la gasolina Ecopaís se utilizará el OBDLink Mx+ que se conectara al puerto OBD II del vehículo permitiendo visualizar los datos electrónicos, una vez conectado se observará los cambios a medida que se aumente las revoluciones por minutos, luego se procederá con la gasolina Súper.
- Para el análisis de las emisiones de gases contaminantes por el uso de las dos gasolinas se procederá a usar el analizador de gases Brain Bee AGS-688, se tomará una muestra que permitirá medir el porcentaje de gases contaminantes CO, CO<sub>2</sub> y HC que genera el uso de una u otra gasolina.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo general**

- ✓ Realizar un estudio comparativo experimental de prestaciones y emisiones contaminantes en un vehículo de la subcategoría M1 KIA RIO 2019 en la ciudad de Guayaquil con los combustibles Ecopaís y Súper.

#### **3.2 Objetivo específico**

- ✓ Desarrollar una síntesis del estado del arte sobre motores Otto, combustibles fósiles ECOPAÍS y SÚPER, normas de emisiones nacionales e internacionales, métodos estadísticos asequibles y herramientas disponibles para la adquisición de datos en el área automotriz.
- ✓ Realizar la adquisición de datos de emisiones contaminantes y parámetros característicos de un motor Otto con los combustibles SÚPER y ECOPAÍS.
- ✓ Desarrollar el análisis de los datos obtenidos de emisiones contaminantes mediante métodos estadísticos y cálculos de prestaciones de la unidad experimental con los combustibles SÚPER y ECOPAÍS.
- ✓ Analizar y validar los resultados obtenidos mediante métodos estadísticos y pruebas experimentales.

### **4. FUNDAMENTO TEÓRICO**

#### **4.1 Fundamentos del motor de combustión interna alternativo (MCIA)**

El Motor de Combustión Interna (MCIA) ha evolucionado mucho desde sus inicios donde se decía que no llegaba a generar la misma energía que la máquina de vapor, hasta que hoy en día es el motor más utilizado para el transporte terrestre. No solo que ha evolucionado su propio rendimiento, sino que también se ha mejorado en aplicaciones electrónicas, materiales ligeros y más resistentes.

Se puede destacar, que el MCIA es una máquina térmica que transforma energía química en energía mecánica. Existen documentos que indican que, allá por el año 1685, el físico holandés

Jan Huyghens y su ayudante francés Denis Papin trataron sin mucho éxito de construir una máquina de combustión interna que usaba pólvora como combustible, este ya incluía un cilindro, pistón, y válvula de seguridad (Gaviria & Mora, 2002).

En 1867 el ingeniero alemán Nikolaus Otto y su ayudante el mecánico E. Langen, lograron construir el primer MCI de gasolina de cuatro tiempos de la historia, aunque la idea de este ciclo fue de Alphonse Beau de Rochas. Y que años después le reclamasen la patente en Alemania por estudios anteriores de cuatro tiempos. Pero aun así se le atribuyen los créditos a Otto por el hecho que fue el primero en lograr construirlo. Por lo que, este motor ha sido la base para los posteriores diseños de motores. Los cuatro tiempos se refiere al ciclo que cumple el pistón para encender el motor, estos son: admisión, compresión, explosión y escape. Durante las últimas cuatro décadas, el control de las emisiones contaminantes, y el consumo de combustibles son los factores que han afectan significativamente el diseño y desempeño del motor (Gaviria & Mora, 2002).

#### 4.2 Principios termodinámicos

La finalidad de un motor es la eficiencia en su labor de generar energía, por tanto, ingenieros crearon el MCI que reemplazaría a la máquina de vapor, y se convertiría en el motor más poderoso del mundo.

Puesto que, todo combustible posee una energía interna que se puede transformar en trabajo, he aquí que la energía que utiliza el motor para hacer su trabajo la produce la energía interna del combustible (Molina, 2007).

Por lo contrario, la energía que obtiene el motor se manifiesta debido al aumento de la presión y de la temperatura, es decir cuando se produce la explosión del combustible. Este trabajo se ejemplifica tal como muestra la figura 1.

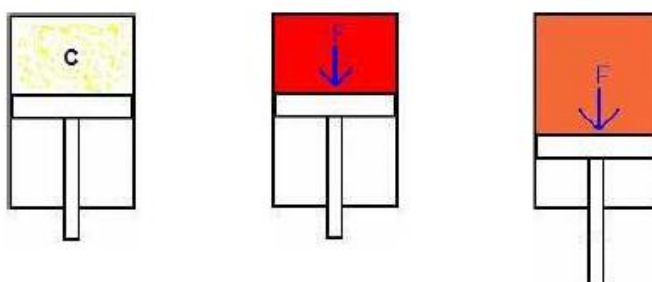


Figura 1. Principio termodinámico. Fuente: (Molina, 2007).

### 4.3 Principios físicos

Cabe destacar, que el principio físico se refiere al mecanismo biela - manivela, el cual permite la labor de seguir los cuatro ciclos del motor Otto a través de cuatro carreras del pistón.

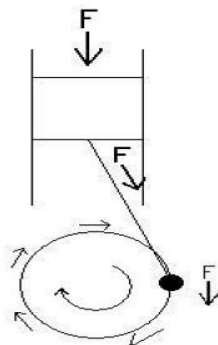


Figura 2. Principios físicos. Fuente: (Molina, 2007).

La figura 2 muestra el trabajo que ejecuta el mecanismo biela – manivela, donde la fuerza F al momento de la producción de gases empuja el pistón hacia abajo, y luego se transmite a la biela convirtiendo su movimiento rectilíneo en rotativo.

De manera que, el trabajo que realiza el cigüeñal en el motor al realizar una vuelta sobre sí mismo, se denomina par motor.

$$\text{Potencia} = \text{Par motor} \times \text{rpm (ecuación potencia)} \quad (1)$$

Ecuación 1. Ecuación de potencia. Fuente: (Molina, 2007).

### 4.4 Motor de 4 tiempos

Los 4 tiempos se refiere al trabajo realizado para la generación de energía, estos son: admisión, compresión, expansión, y escape de gases. Ver figura 3 y tabla 1.

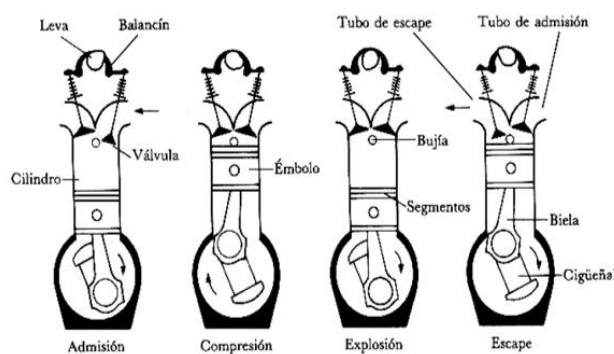


Figura 3. Motor Otto de 4 tiempos. Fuente: (Molina, 2007).

Tabla 1. Tiempos de operación de un MEP. Fuente: (Molina, 2007).

Tiempos	Descripción
<b>Admisión</b>	En el momento que el pistón esta aproximadamente en el punto muerto superior (PMS), la válvula de admisión se abre y el propio pistón por el vacío que se crea dentro del cilindro aspira la mezcla (aire/combustible) hasta llegar al punto más bajo del cilindro (PMI).
<b>Compresión</b>	Después del ciclo de admisión, el pistón se encuentra en el punto muerto inferior (PMI), en este momento la válvula de admisión se cierra y el pistón empieza a ascender comprimiendo la mezcla hasta llegar al punto más alto del cilindro (PMS).
<b>Expansión</b>	Una vez que en la carrera de compresión se ha comprimido la mezcla, la bujía hace saltar una chispa y enciende la mezcla, aumentando la presión en el cilindro y haciendo descender el pistón hacia el punto más bajo (PMI). En esta carrera de expansión es donde se realiza el trabajo útil.
<b>Escape de gases</b>	Cuando el pistón llega al punto más bajo (PMI), se abre la válvula de escape y el pistón empieza a ascender empujando los gases quemados hacia el exterior. En el momento que llega al punto más alto el pistón (PMS) la válvula de escape se cierra.



## 4.5 Parámetros de los que dependen las prestaciones de un motor

Las prestaciones de un vehículo se refieren al trabajo realizado por el motor, es decir, a la capacidad máxima de potencia que podría llegar a tener o que se requieran según las necesidades: ubicación geográfica, latitud, etc. Dichos parámetros pueden ser los siguientes:

### 4.5.1 Factor Lambda y las emisiones

Para Plaza (2022) para que el motor de ciclo Otto tenga una combustión óptima es necesario que el coeficiente lambda determine la proporción de aire y combustible que se debe mezclar.

En otras palabras, la sonda lambda es responsable de medir y controlar la mezcla que se combustiona en el cilindro, y que esta sea la ideal para el combustible usado. A manera de ejemplo, se explican la mezcla pobre y mezcla rica en la figura 4.

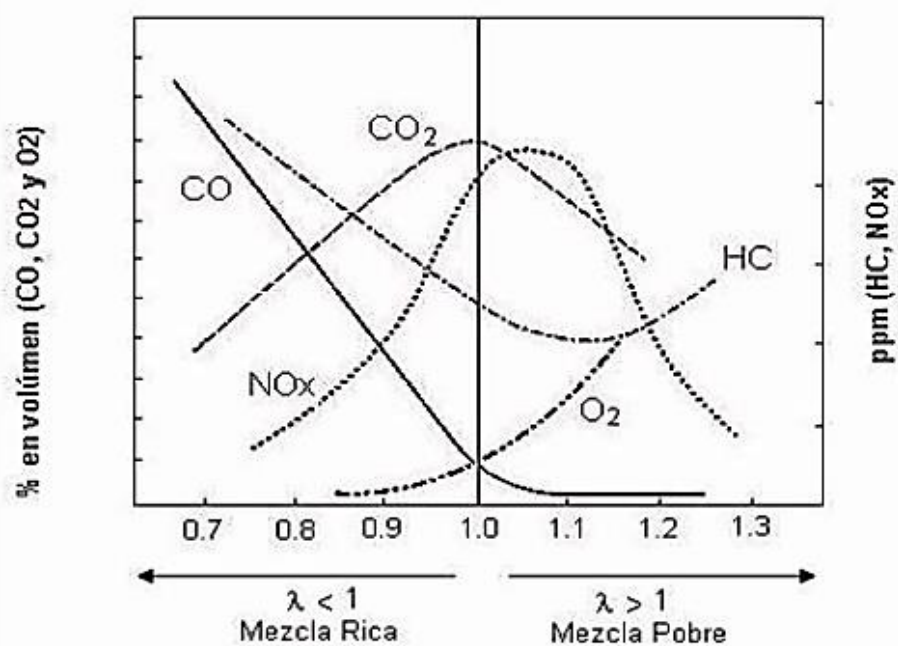


Figura 4. Gráfica de emisiones principales de un vehículo a gasolina. Fuente: (Molina, 2007).

El proceso de combustión real se representa a través de la figura 5, la misma que se podrá observar a continuación:

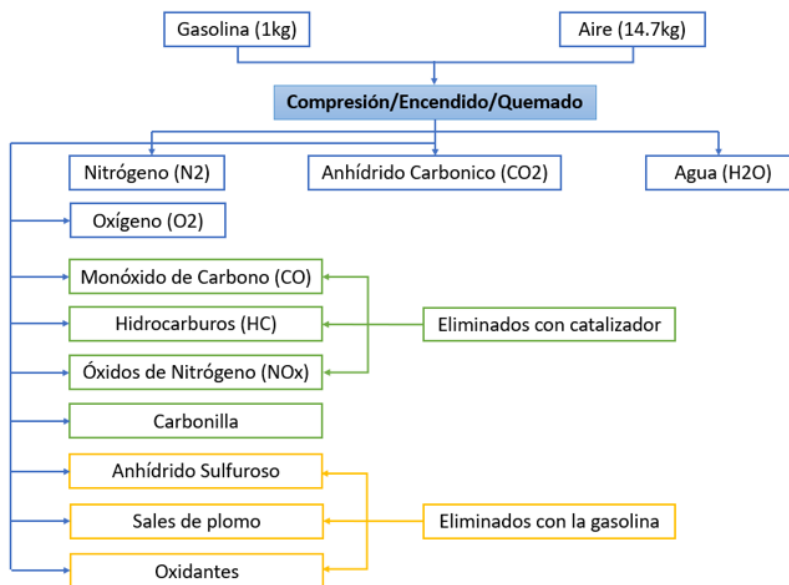


Figura 5. Combustión real. Fuente: (Núñez, 2018)

Cuando el coeficiente de Lambda es menor que 1, es decir, la combinación de aire y combustibles es menor que la proporción estequiométrica, se llama mezcla rica. El caso opuesto es mezcla pobre, pues hay presencia de una mayor cantidad de combustible (Plaza, 2022).

#### 4.5.2 Carga

La carga del motor está relacionada con el proceso de estequiometría de la mezcla, y esto depende de la mariposa de gases. Establecido un régimen de giro, este se desequilibra al variar la carga, y al modificar la posición de la mariposa de gases logra una compensación; y así mismo para lograr la velocidad deseada se puede dar un sin número de combinaciones (Urgilés & Erreyes, 2018).

#### 4.5.3 Potencia

La potencia del motor indica la velocidad a la que puede funcionar, es decir, la potencia implica un trabajo desarrollado por unidad de tiempo, la cual resultad con el movimiento de la carga. En otras palabras, se puede decir que a mayor velocidad se obtiene mayor potencia para realizar el trabajo. En el ámbito automotriz, la unidad de potencia que se considera es el kilovatio (kW) o caballo de vapor (CV) (Secundario, 2011).

Para calcular la potencia se tiene como referencia la ecuación planteada por Jara y Pineda (2019):

$$N_e = N_{e\max} * \frac{n}{n_N} * [0.81 + 1.19 * \frac{n}{n_N} - (\frac{n}{n_N})^2] \quad (2)$$

*Ecuación 2 Ecuación para calcular la potencia. Fuente: (Jara & Pineda, 2019)*

Donde:

**Ne** = Potencia en función de la velocidad angular del motor [KW].

**Ne máx.**= Potencia máxima del motor [KW]

**n** = Variación de la velocidad angular [rpm]

**n<sub>N</sub>** = Velocidad angular del motor a la máxima potencia efectiva [rpm] (Jara & Pineda, 2019, pág. 29)

#### 4.5.4 Par motor

El par motor dependerá de la cantidad de mezcla aire/combustible que se inyecte en la cámara de combustión debido a que esta acción genera un aumento de presión por lo cual produce una fuerza de empuje sobre el pistón que seguirá de la misma manera a la biela y por último a la muñequilla del cigüeñal. En otras palabras, será el resultado de la fuerza aplicada a un cuerpo para hacerlo girar, multiplicada por la distancia al punto de giro (Carrillo , Rojas , & Martinez , 2017).

$$M = \frac{716.2 * 9.8 * N_e}{n} \quad (3)$$

*Ecuación 3. Par motor en función a la velocidad angular. Fuente: (Jara & Pineda, 2019)*

**M** = Par motor en función de la velocidad angular [Nm].

**Ne** = Potencia en función de la velocidad angular del motor [CV].

**n** = Variación de la velocidad angular [rpm] (Jara & Pineda, 2019).

## **4.6 Normas INEN**

El Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) entidad que se encarga de la normalización y reglamentación técnica y metrológica para garantizar el cumplimiento de los derechos de la ciudadanía en materia de seguridad, salud, y preservación ambiental, entre otras (Servicio Ecuatoriano de Normalización INEN, 2022).

### **4.6.1 Norma técnica ecuatoriana INEN 2203:2000.**

Dentro del ámbito de la emisión de gases contaminantes por parte de vehículos existen dos normas relacionadas al objeto de estudio, una de estas es acerca de la medición de emisiones de gases de escape en motores de combustión interna “NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2203:2000” que rige desde el año 2000 en el país.

Dicha norma contiene las principales definiciones técnicas para el correcto procedimiento de la prueba, como, por ejemplo:

- ✓ El aislamiento electromagnético.
- ✓ Calibración de un equipo de medición.
- ✓ Motor de encendido por chispa.
- ✓ Repetitividad.
- ✓ Exactitud.
- ✓ Tiempo de calentamiento del equipo de ensayo.
- ✓ Sonda de prueba.

Además, menciona en las disposiciones generales que los instrumentos de medición deberán cumplir ciertos criterios y certificaciones internacionales establecidos por cada fabricante de los equipos de medición. De igual forma, especifica las características de los equipos de medición, la calibración, el procedimiento de medición, y la presentación de sus resultados.

#### 4.6.2 Norma técnica ecuatoriana INEN:2204

Por otro lado, según el INEN (2017) está la “Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2204” que rige en Ecuador desde el año 2002, tiene por objetivo regular los límites permitidos de emisiones contaminantes producidas por vehículos automotores que emplean exclusivamente gasolina. Esta norma rige exclusivamente a las fuentes móviles terrestres de más de tres ruedas o a sus motores que como se mencionó antes solo usen gasolina.

En la NTE INEN 2204 se detalla las definiciones y especificaciones para la correcta ejecución de la prueba, como el año del modelo del vehículo, área frontal, certificación de la casa fabricante, el ciclo de prueba, también especifica la temperatura normal de operación, vehículos categoría M, dinamómetro, emisión de escape, emisiones evaporativas, equipos de medición, homologación, motor, masa, peso del vehículo, prueba estática, prueba dinámica, marcha mínima o ralentí, temperatura normal de operación, método SHED, y clasificación del vehículo automotor, entre otros (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2017).

Dentro de apartado 4 de la norma se determina los requisitos para los límites mínimos para cada prueba. En este estudio sólo se realiza la prueba estática, por lo que solo se presenta estos límites descritos en la presente norma, tabla 2.

*Tabla 2. Límites máximos de emisiones permitidos para fuentes móviles con motor de gasolina. Marcha mínima o ralentí (prueba estática). Fuente: (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2017).*

Año modelo	% CO <sup>a</sup>		ppm HC <sup>a</sup>	
	0 - 1500 <sup>b</sup>	1500 - 3000 <sup>b</sup>	0 - 1500 <sup>b</sup>	1500 - 3000 <sup>b</sup>
2000 y posteriores	1,0	1,0	200	200
1990 a 1999	3,5	4,5	650	750
1989 y anteriores	5,5	6,5	1000	1200

<sup>a</sup> volumen

<sup>b</sup> Altitud = metros sobre el nivel del mar (msnm)

Se puede apreciar en la tabla 2 los límites permitidos de monóxido de carbono (CO) y de hidrocarburos (HC) para cada grupo de vehículos, estos son vehículos del año 2000 y posteriores, de 1990 a 1999, y de 1989 y anteriores a este. Para este estudio el vehículo utilizado entra en el primer rango ya que el vehículo es del año 2019, y así mismo los límites son 1% para CO y 200 ppm HC y la altitud es de 4 msnm.

### 4.6.3 Límites de emisiones por legislación EURO

Como lo indica Sánchez, et al, (2019), las Euro son normativas que rigen las emisiones contaminantes en Europa. El sector automotriz se rige bajo este marco legal en cuanto al cumplimiento de los límites de emisiones contaminantes para la homologación de nuevos modelos de vehículos

Por lo que, en la tabla 3, se ha realizado un resumen para los vehículos cuya categoría sea de 1.760 a 3.500 kg, en la cual va incluido lo que son motores diésel y a gasolina, mientras que en la tabla 4 se indica lo correspondiente para vehículos con motor diésel y peso mayor a 3.500 kg, de acuerdo con el ciclo estacionario europeo (ESC).

Por lo que, en la tabla 3, se ha realizado un resumen para los vehículos cuya categoría sea de 1.760 a 3.500 kg, en la cual va incluido lo que son motores a gasolina y diésel, mientras que en la tabla 4 se indica lo correspondiente para vehículos con motor diésel y peso mayor a 3.500 kg, de acuerdo con el Ciclo Estacionario Europeo (ESC).

Por lo tanto, en la Tabla 3, se ha realizado un resumen para los vehículos que pueden estar entre 1,760 a 3.500 kg, en los que se incluye con motores de gasolina y diésel, mientras que la tabla 4 se muestra para vehículos con motor diésel y peso mayor a 3.500 kg, dependiendo del Ciclo Estacionario Europeo (ESC).

*Tabla 3. Límites de emisiones para vehículos pasajeros. Fuente: (Sánchez et al, 2019).*

Etapa	Año	Límite de emisiones (g/km)				
		CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM	PN (1/km)
<b>EURO 1</b>	1992	2.72	0.97	-	-	-
<b>EURO 2</b>	1996	2.20	0.50	-	-	-
<b>EURO 3</b>	2000	2.30	0.20	0.15	-	-
<b>EURO 4</b>	2005	1.00	0.10	0.08	-	-
<b>EURO 5</b>	2009	1.00	0.10	0.06	0.005	-
<b>EURO 6</b>	2014	1.00	0.10	0.06	0.005	6x10 <sup>11</sup>

Tabla 4. Límites de emisiones para vehículos comerciales. Fuente: (Sánchez et al, 2019).

Etapa	Año	Límite de emisiones (g/kW-h)					
		CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM	Humo	Combustible (ppm)
<b>EURO 0</b>	1988	12.30	2.60	15.80	-	-	
<b>EURO I</b>	1992<85	4.50	1.10	8.00	0.612	-	2000
	KW>86kW	4.50	1.10	8.00	0.36	-	
<b>EURO II</b>	1996	4.00	1.10	7.00	0.25	-	500
	1998	4.00	1.10	7.00	0.15	-	
<b>EURO III</b>	2000	2.10	0.66	5.00	0.20/0.13	0.80	350
<b>EURO IV</b>	2005	1.50	0.46	3.50	0.02	0.5	50
<b>EURO V</b>	2008	1.50	0.46	2.00	0.02	0.5	10
<b>EURO VI</b>	2013	1.50	0.13	0.40	0.01	0.5	10

#### 4.6.4 Especificaciones técnicas de las gasolinas comercializadas en Guayaquil

De modo distinto, en el Ecuador según el INEN (2012) en la NTE INEN 935:2012, las gasolinas se clasifican en dos, gasolina de 87 octanos (RON) y 92 octanos (RON), la gasolina ECOPAÍS es la que está dentro de la primera categoría, mientras la de más alto octanaje es la SÚPER. Estos combustibles son precisamente para la aplicación de motores con una relación de compresión de 7:1 a 9.5:1. Estas gasolinas tanto de producción nacional e importada deben cumplir con requisitos específicos.

### 4.7 Método estadístico

#### 4.7.1 Análisis de varianza (ANOVA)

Como lo afirma León y Maldonado (2018) el Anova es una herramienta estadística que se basa en la separación de la variación total de los promedios de dos variables de diferentes partes con la tarea de determinar si tienen similitudes entre las variables dependientes y las variables independientes o no.

#### 4.7.2 Metodología de superficie de respuesta

La metodología de Superficie de Respuesta (MSR) según Gutiérrez & De la Vara (2008) "...es la estrategia experimental y de análisis que permite resolver el problema de encontrar las condiciones de operación óptimas de un proceso (p. 386)".

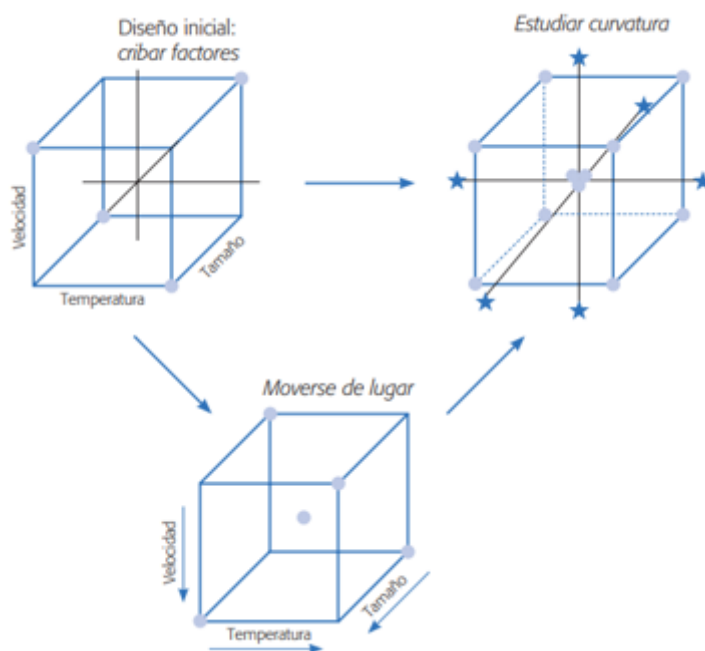


Figura 6. Acciones básicas en MSR. Fuente: (Gutiérrez & De la Vara, 2008).

#### 4.7.3 Análisis de conglomerados (Análisis Clúster)

Así mismo es necesario definir este término, para Arellano (2014) “el término análisis clúster se utiliza para definir una serie de técnicas, fundamentalmente algoritmos, que tienen por objeto la búsqueda de grupos similares de individuos o de variables que se van agrupando en conglomerados” (p.92).

#### 4.7.4 Análisis Factorial

Se podrá enfatizar, que el análisis factorial destaca como el método por excelencia para comprobar la validez, este procedimiento matemático tiene como finalidad encontrar la estructura subyacente en una matriz de datos, intentando modelar el fenómeno estudiado y a su vez, reducir su dimensión (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2017)

#### 4.8 Herramientas y procesos para la adquisición de datos de emisiones

Consisten en reunir información de una investigación, el método a utilizar depende del diseño de la investigación. En este caso la fuente de información será principalmente primaria de forma específica experimental pues a través de la manipulación de las variables se obtendrá datos, pero se requiere de información secundaria como antecedente o base para el sostenimiento de los objetivos planteados y las conclusiones.



#### **4.8.1 Analizador de gases**

Tenga en cuenta que este es un dispositivo que mide los compuestos químicos de una muestra de gases de escape de un motor de combustión interna. Por lo general, los valores se miden en porcentaje o ppm y sus lecturas son directas o se pueden asociar a un registrador, magnético o no (Valencia, Lluglluna, & Salina, 2018). Este dispositivo permite analizar los productos residuales no quemados por ende proporciona información sobre la eficiencia del motor, también se lo utiliza para estudiar la composición de los gases de escape y controlar las emisiones contaminantes del vehículo.

#### **4.8.2 Prueba estática**

Se podrá comprender, que para la revisión de los gases contaminantes existe dos métodos o pruebas que son: prueba estática y prueba dinámica, para la investigación se usó la primera. Esta prueba consiste en que el vehículo este encendido en condiciones de marcha mínima (ralentí), para realizar una revisión del humo procedente del tubo de escape en diferentes condiciones de marcha.

#### **4.8.3 Prueba ralentí elevado**

Se puede resaltar, primero en identificar el significado de " Ralentí ", este término se usa cuando el automóvil se detiene y el motor está funcionando, cambiando al embrague neutro (Martínez, 2020).

Por tanto, es una prueba ralentí elevado, el motor mantendrá una aceleración entre 2.000 y 3.000 revoluciones por minutos (rpm) durante un tiempo determinado, el siguiente paso es tomar lectura sobre los gases por el tubo de escape, luego las revoluciones del motor bajan a 900 rpm así mismo en un tiempo determinado, para nuevamente proceder a tomar lectura de los gases.

#### **4.9 Emisiones contaminantes de los vehículos**

En definitiva, los vehículos automotores producen diversos tipos de emisiones contaminantes: emisiones de hidrocarburos no combustionados, monóxido de carbono, dióxido de carbono, y sobre el sistema de frenos las emisiones de partículas por el desgaste tanto de frenos como de llantas (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, s/f).

Debido a que, las últimas emisiones son insignificantes al comparárlas con las emisiones de escape. Por tal razón, esta investigación se centrará en las emisiones contaminantes generadas por la combustión del combustible y salientes por el tubo de escape de un vehículo que (Herrera, Rodríguez, & Rojas, 2012).

Las emisiones procedentes del tubo de escape se dan por la quema de combustible fósil: gasolina, diésel o gas licuado de petróleo (GLP). Según Suarez (2007) se emite una mayor cantidad de gases contaminantes en el arranque en frío o durante los minutos que el vehículo tarda en calentarse, por eso se recomienda aprovechar al máximo un viaje para hacer varias actividades y contribuir a disminuir los gases emitidos.

Dichas emisiones también dependen de las características del vehículo, por ejemplo, del tipo del motor o la tecnología incorporada, la calidad del combustible, el mantenimiento del motor y entre otros factores. De los procesos mencionados se puede extraer que los más importantes contaminantes liberados por un vehículo son los hidrocarburos (HC), NO<sub>x</sub> y CO (Pérez, 2018).

#### **4.10 Los combustibles fósiles**

En síntesis, son una de las fuentes de energía más usadas por el hombre, que por sus características químicas se los utiliza para generar energía eléctrica y mecánica, estos combustibles fósiles son el carbón, petróleo y gas natural, son considerados como combustibles primarios.

A partir de estas combustibles se generan otros combustibles secundarios como, por ejemplo: gasóleo, gasolina, diésel, GLP. A continuación, se describirá las características generales de las gasolinas siendo esta una de las principales variables a tomar en cuenta en esta investigación.

##### **4.10.1 Combustibles.**

- Gasolina ECOPAÍS (RON) (87 octanos).
- Gasolina SÚPER (RON) (92 octanos).

#### **4.10.2 Combustible ECOPAÍS**

Según el ministerio de hidrocarburos, la gasolina ecopaís está compuesta en cantidad de porcentaje del 95% con combustible fósil y el 5% de etanol, específicamente alcohol de caña de azúcar. Gracias a la producción de esta gasolina se logra reducir la utilidad de nafta en cantidad de un octanaje alto (NAO) en un 14% a favor del bioetanol. En pocas palabras, contiene una cantidad de octanaje alta. En teoría esta gasolina contiene la misma cantidad de octanos (87 octanos) así mismo el precio en comparación a la gasolina extra (Urgilés & Erreyes, 2018).

#### **4.10.3 Combustible SÚPER**

La gasolina súper con 92 octanos se emplea en motores que tiene una alta relación de compresión de manera que resisten presiones y temperaturas mayores sin llegar al rompimiento de sus moléculas. Actualmente las empresas petroleras han decidido reemplazar el plomo de la gasolina colocando en mayor cantidad proporciones de hidrocarburos como: aromáticos, isoparafinas y compuestos oxigenados con el fin de eliminar el uso del plomo en las gasolinas (Urgilés & Erreyes, 2018).

#### **4.10.4 Características de la gasolina**

La gasolina se define de acuerdo con el número de octanos. Es decir, que durante el trabajo los motores de ciclo Otto producen un frente de llama progresiva que dispensa la mezcla de sustancias que existen en la cámara de combustión o cilindro; si dentro del cual la llama no alcanza alguna zona esta llega a autoinflamarse; lo que provoca un aumento de presión, en tanto que cada que sea mayor el octano, menor sería el peligro que sucediera lo descrito antes.

#### **4.10.5 Poder antidetonante**

El este término lo define Gonzáles (2015) como “la capacidad que tiene la gasolina para ser comprimida antes de que se inflame” (p.316). Un combustible tiene alto poder antidetonante cuando puede soportar elevadas compresiones sin detonar, pero esto depende de las características del petrolero de procedencia. Como la combustión en un motor de encendido provocado se inicia cerca del final de la carrera de compresión por causa de una o varias chispas, la gasolina ha de tener un alto poder antidetonante que se mide a través de índices de octanos.

#### 4.10.6 Poder calorífico

Es el valor del contenido de energía de la gasolina que varía con las cantidades de hidrogeno (H) y carbono (C), esta energía mecánicamente se transforma en trabajo en el motor. La cantidad de calor producida por la gasolina se lo mide en kilocalorías/kilogramos (Kcal/kg) y tiene su factor de conversión en Joules (J).

#### 4.10.7 Densidad

Como indica Gonzales (2015), la densidad se mide en  $\text{kg/m}^3$  y representa la relación entre la masa de la gasolina y el volumen que ocupa. A mayor densidad mayor el rendimiento del combustible usado. En el caso de la gasolina su densidad promedio oscila entre 720 y 775  $\text{kg/m}^3$  a  $15^\circ \text{C}$ .

### 5. MARCO METODOLÓGICO

Se podrá incluir, que en este apartado se plantea el diseño experimental, la cual será utilizada como una técnica estadística para obtener los resultados más acertados posibles. El diseño experimental cumple con su rol principal que es determinar e identificar qué pruebas se pueden realizar y la forma correcta para llevarla a cabo, a tal punto de que la información que se vaya a obtener sea la ideal para que pueda contestar con las interrogantes planteadas en el experimento.

#### 5.1 Diseño de experimento

El diseño de experimento es una metodología científica empleada para trabajar en crear nuevos conocimientos de procesos de un sistema o el estudio de variables, empleando pruebas que se forman correctamente.



Figura 7. Proceso de diseño experimental. Fuente: Autores

#### 5.2 Diseño del diseño experimental

Se podrá agregar, que los experimentos son un punto de partida para mejorar un sistema o proceso. Esto se debe a que puede manipular las condiciones operativas iniciales para obtener información sobre las consecuencias de cambiar el sistema o el proceso en su totalidad o en

parte. En segundo lugar, los resultados del experimento nos ayudarán a obtener más y mejor información sobre el sistema responsable del estudio. (Urgilés & Erreyes, 2018)

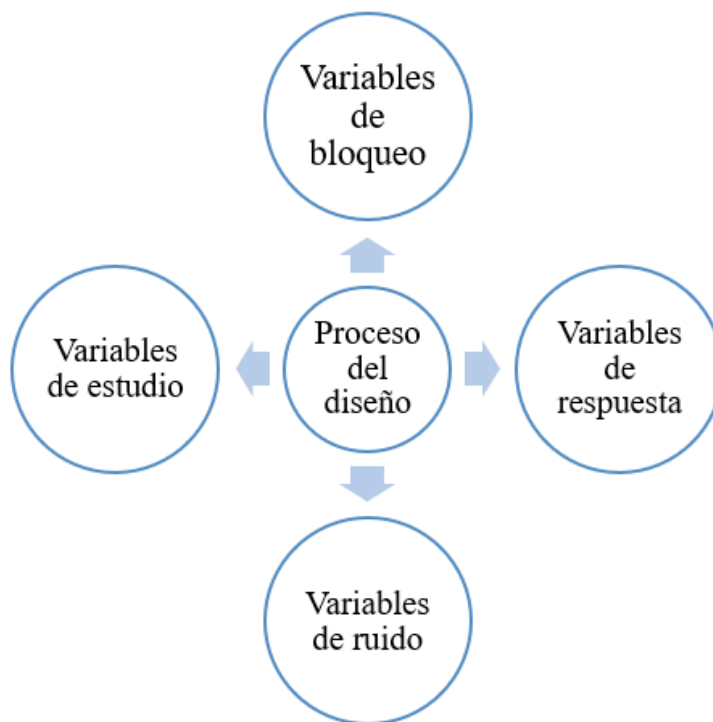


Figura 8. Variables del proceso de diseño experimental. Fuente: Autores.

### 5.2.1 Variables de Respuesta

Se podrá manifestar, el uso de este tipo de variable para observar los resultados de las pruebas experimentales. Estas variables son las variables que le permiten obtener el rendimiento del sistema en ejecución. Por tanto, el motivo del experimento es mejorar y afinar este tipo de variables para conseguir un sistema con mejores características (Urgilés & Erreyes, 2018).

Tabla 5. Variables de repuesta. Fuente: Autores

<b>Variables De Respuestas</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Unidad</b>
Monóxido de Carbono	CO	%
Hidrocarburos no combustiónados	HC	ppm
Dióxido de carbono	CO2	%
Potencia	P	KW
Par motor	Par motor	Nm

### 5.2.2 Variables de Bloqueo

De modo, que estas son las variables que caracterizan un proceso que se origina en un nivel particular, y algunos de estos factores son controlados durante el proceso. Estos factores se pueden cambiar o controlar a nivel operativo y se pueden cambiar experimentalmente para distinguirlos (Urgilés & Erreyes, 2018)

Tabla 6. Variables de bloqueo. Fuente: Autores

Variable de bloqueo	Símbolo	Unidad
Temperatura del lubricante	T.luv	°C
Temperatura del motor	T.mot	°C

### 5.2.3 Variables de Ruido

Este tipo de variables no se pueden controlar en el proceso de experimentación, se dan por factores ambientales del lugar donde se realiza el estudio (Arias & Ludeña, 2018).

Tabla 7. Variables de ruido. Fuente: Autores

Variable de ruido	Símbolo	Unidad
Presión atmosférica	P.atm	Kpa
Humedad relativa del aire	H.rel	%
Temperatura	T.aire	°C

### 5.2.4 Variables de Estudio

De modo distinto, estas variables serán investigadas y desarrolladas en base a la experimentación, para poder definir qué tipo de influencia poseen las variables de respuesta; este tipo de variables pueden ser controlables o no controlables, por ende, de ser no controlable se debe realizar algún tipo de proceso mediante el cual se puedan manejar estas variables durante el experimento.

Tabla 8. Variables de estudio. Fuente: Autores

Variables de estudio	Símbolo	Unidad
Revoluciones del motor	$\omega$	Rpm
Combustible	R	RON

## 5.3 Unidad experimental

### 5.3.1 Selección del vehículo

Se puede agregar, que la selección del vehículo y el método de movilización a analizarse será por medio de un vehículo particular KIA RIO 2019.

Por ende, según (NTE INEN, 2656, 2016) el medio de transporte seleccionado será un vehículo de la subcategoría M1.




CÓDIGO	TIPO	ESQUEMA	DESCRIPCIÓN
SED	SEDÁN		Ver NTE INEN-ISO 3833, 3.1.1.1
SWG	STATION WAGON		Ver NTE INEN-ISO 3833, 3.1.1.4
HBK	HATCHBACK		Ver NTE INEN-ISO 3833, 3.1.1.9

Figura 9. Clasificación vehicular. Fuente: (NTE INEN, 2656, 2016).

Por un lado, se procederá a definir la categoría de la marca más vendida dentro del cantón Guayaquil en el año 2021. Según (Universo, 2021) la marca Chevrolet lidera las ventas con un 23%, KIA con un 22%, Otras marcas (21%), Toyota- Hyundai (7%), Great Wall (6%), Nissan-Renault (4%) Volkswagen y Jac (3% cada una).

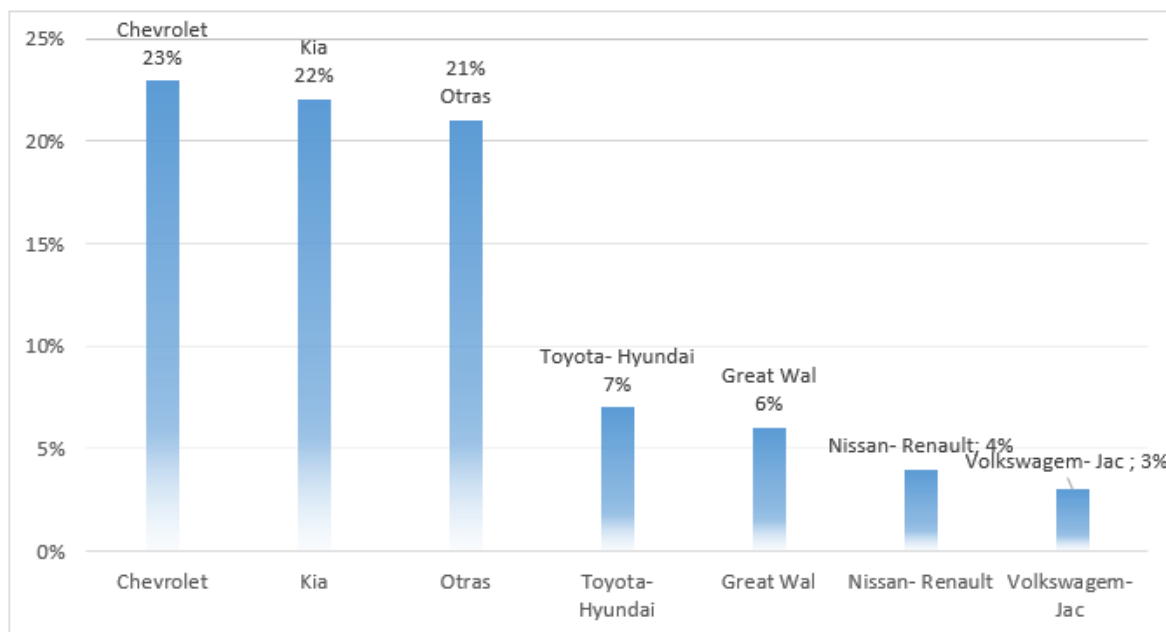


Figura 10. Promedio de ventas. Fuentes: (Universo, 2021)

Por otro lado, a nivel Nacional Pichincha lidera el mercado adquisitivo de automotores con un 39%, mientras que continúa Guayas con un 30%, otras representan un 12%, Tungurahua y Azuay 6% cada una, Manabí 4% e Imbabura con un 3%.

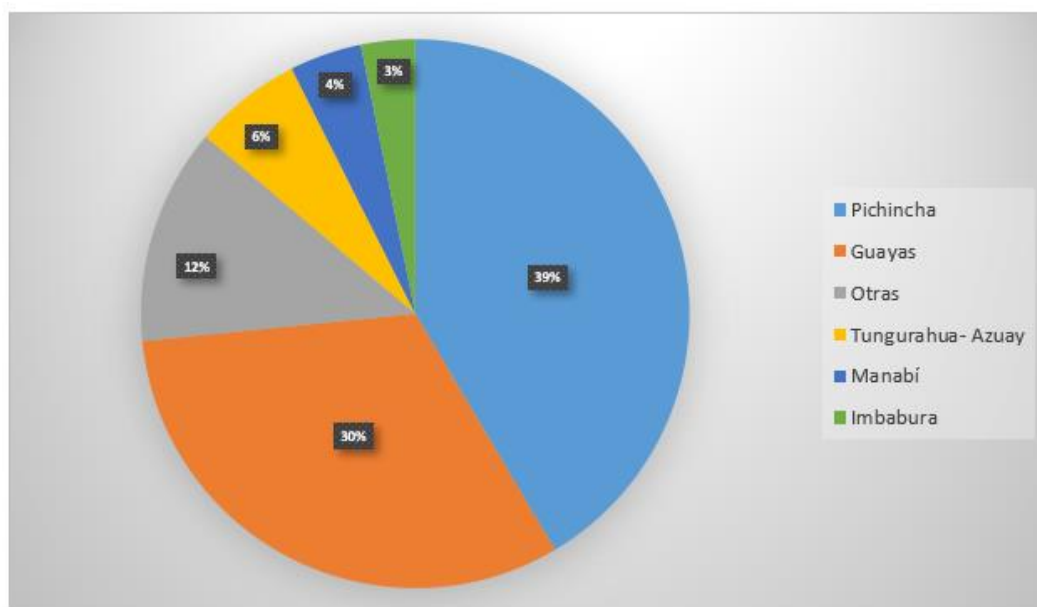


Figura 11. Mercado adquisición de automotores. Fuente: (Universo, 2021).



Analizado las ventas y la adquisición de automotores a nivel Nacional y en Guayaquil, se realizará un análisis del vehículo más vendido en Guayaquil en el año 2021. Según (AUTOS, 2021) el vehículo más adquirido es Chevrolet D-MAX, seguido el Chevrolet Beat, por consiguiente, se encuentra el modelo KIA Sportage R y el KIA RIO.

Tabla 9. Categorías de vehículos más vendidos. Fuentes: (AUTOS, 2021).

MARCA	MODELO	UNIDADES VENDIDAS
Chevrolet	Chevrolet D. Max	18745
	Chevrolet Beat	
Kia	Kia Sportage R	13583
	Rio	
Hyundai	Tucson	5864
	Creta	
Toyota	Hilux	5132
Great Wall	Wingle S	4019

#### 5.4 Vehículo de prueba

Para la adquisición de datos se trabajará con el vehículo KIA RIO 5 2019 en el cual se detallan las características técnicas principales, a continuación:

Tabla 10. Especificaciones técnicas del vehículo. Fuentes: (KIA, 2019)

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES	KIA RIO 5 2019
Motor	
Combustible	Gasolina
Cilindrada	1.368 cc
Potencia máx.	99 HP@6.000rpm
Torque máx.	133 Nm@4.000rpm
Sistema de válvulas	DOCH 16 válvulas
Sistema de distribución	Cadena
Sistema de inyección	Inyección Multipunto (MPI)

Transmisión	Manual 6 velocidades
Suspensión	
Delantera	Tipo McPherson
Posterior	Eje de torsión
Amortiguadores	A gas
Aros	R17" aluminio
Frenos y Dirección	
Delantera	Disco
Posterior	Disco
Dirección	Asistida electrónicamente
Dimensiones	
Largo total	4.385 mm
Ancho total	1.725 mm
Alto total	1.460 mm
Distancia entre eje	2.580 mm
Peso	1.103 Kg

---

En la figura 12 se podrá observar el vehículo que ha sido seleccionado, para realizar la adquisición de datos y desarrollo experimental del presente proyecto técnico.

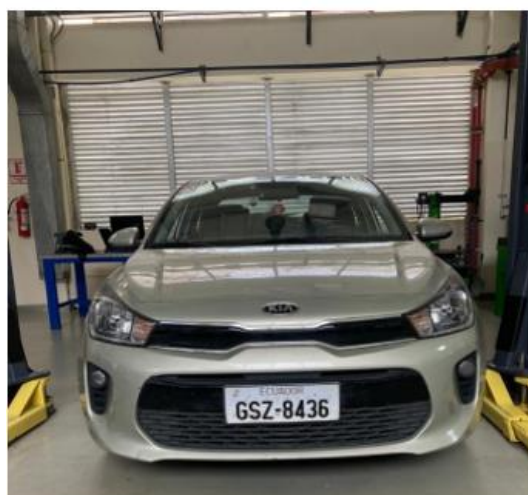


Figura 12. Mercado adquisitivo de automotores. Fuente: Autores.

### 5.5 Analizador de Gases

Este analizador de gases cuenta también con la interfaz del software para pc llamado OMNIBUS – 800 el cual nos permite realizar un sin número de pruebas. En el caso de este estudio de pruebas estáticas se ejecuta el software, luego se enciende el equipo de análisis de gases, se enciende el vehículo y se requiere de la sonda en el tubo de escape, para luego considerar las rpm del motor y así tomar la muestra de datos que nos proporciona el software.



Figura 13. Equipo analizador de gases Brain Bee AGS-688. Fuente: Autores.

Los parámetros de medición de este equipo se visualizarán en la tabla 11:

Tabla 11. Parámetros de medición del equipo Brain Bee AGS -800. Fuente: (Bee, 2018).

Parámetro	Rango	Unidad	Resolución
CO	0 - 9,99	% vol.	0,01
CO2	0 - 19,9	% vol.	0,1
HC hexano	0 - 9999	ppm vol.	1
O2	0 - 25	% vol.	0,01
NO <sub>x</sub>	0 - 5000	ppm vol.	1
Lambda	0,5 – 5,0	-	0,001
Revoluciones motor	300 - 9990	rpm	10
Temperatura aceite	20 - 150	°C	1

Dicho analizador de gases cuenta con homologaciones para los siguientes países:

Tabla 12. Homologaciones del analizador de gases Brain Bee AGS – 800. Fuente: (Bee, 2018).

HOMOLOGACIONES DE TIPO PARA EUROPA	HOMOLOGACIONES NACIONALES ADICIONALES
Marcado de metrología M: MID (Measuring Instrument Directive)	Brasil, Hong Kong, Italia, Marruecos, Serbia
2014/32/EU NMI 0122 B+D	

Debido, a las especificaciones técnicas de Brain Bee, el tiempo de respuesta del analizador de gases para obtener los datos es de < 15 por lo cual hemos considerado 30 segundos en la adquisición de datos durante nuestras pruebas y así generar una mayor cantidad de datos y poder realizar un amplio análisis y comparación.

### 5.6 Contador de revoluciones del motor

Se utilizará un equipo contador de revoluciones llamado MGT – 300 EVO el cual brinda la lectura actual del rpm mediante la señal de carga de batería del vehículo llamado conector (EOBD – 300). Este equipo brinda información de la temperatura a la cual está trabajando el motor gracias al sensor de temperatura estándar. El MGT – 300 cuenta con certificación DEKRA (Bee, 2018).



Figura 14. Contador de revoluciones. Fuente: Autores.

Los campos de medición de este equipo se mostrarán en la tabla 13:

Tabla 13. Campo de medición del equipo MGT – 300. Fuente: (Bee, 2018).

PARÁMETROS	RANGO	UNIDAD	RESOLUCIÓN
Rpm	300 - 9990	rpm	10
Temperatura	20 - 200	°C	1

### 5.6.1 Características técnicas generales

Tabla 14. Características técnicas generales del equipo MGT – 300 equipo. Fuente: Guía rápida del equipo.

Parámetros	Campo de medición
RPM del motor	300 - 9990 min-1
Resolución	10 min-1
Intervalo de temperatura del aceite	20 - 200 °C
Resolución	1 °C
Alimentación/Carga con el cargador incluido	12 Vdc, 10W
Alimentación (Batería del vehículo)	8 - 35 Vdc 10 W
Consumo	0.5 A DC
Temperatura de funcionamiento	5 - 40 °C
Dimensiones	200 x 35 x 100 mm
Peso	0.38 Kg

### 5.7 OBDLink Mx+

Se puede agregar, que se basa en un dispositivo con adaptador bluetooth el cual se lo conecta al puerto OBD II del vehículo para registrar las variables en las cuales está trabajando el motor en tiempo real, se lo utiliza como herramienta de escaneo de diagnóstico ya que su comunicación es directa con la ECU, la misma que nos permite obtener los valores y datos de una manera fiable y almacenándolos con la ayuda de la interface OBDwiz (OBDLink, 2020).

Tabla 15. Definición OBDLink. Fuente: Autores.

Marca	OBDLink
Fuente de alimentación	12 V CC (alimentación del vehículo)
Dimensiones del artículo LxWxH	2.01 x 0.91 x 1.81 pulgadas
Sistema operativo	IOS, Android and Windows



Figura 15. Dispositivo OBDLink Mx+ 1. Fuente: Autores.

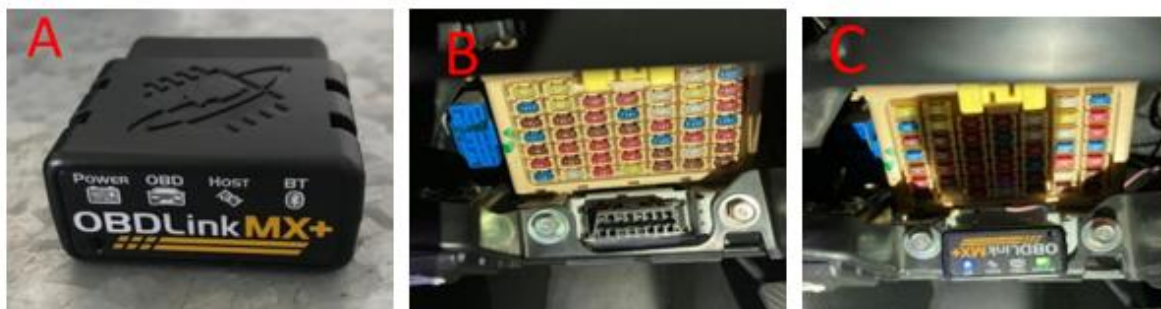


Figura 16. Conexión OBDLink Mx+1. Fuente: Autores.

## 5.8 OBDwiz

Es un software de diagnóstico automotriz que realiza la comunicación de la interface del dispositivo conectado al vehículo con la computadora y así poder realizar la visualización de las funciones.



Figura 17. Tablero OBDwiz. Fuente: Autores.

### 5.9 Número de RON de los niveles de gasolina.

Según (Urgilés & Erreyes, 2018), para considerar los combustibles como variables de entrada es necesario conocer el octanaje real de la gasolina SÚPER, ECOPAÍS y adicional una muestra de mezcla de ambos combustibles.

A continuación, se muestran los datos que consideraron en su estudio.

Tabla 16 Niveles de combustibles Fuente: (Urgilés & Erreyes, 2018)

Factor	Valor Mínimo	Valor Medio	Valor máximo
Combustible (RON)	82.90	87.05	91.20

### 5.10 Desarrollo del diseño experimental

En base al trabajo de experimento planteado se ha optado por considerar un diseño experimental que consta de 2 factores; cada uno con diferentes niveles de las cuales las variables de estudio van a tener influencia en las variables de respuestas.

Por lo que, ver la tabla 17 aquí se muestra el número de corridas que se va realizar según el modelo del diseño experimental.

Tabla 17. Diseño Factorial Completo General. Fuente: Autores.

Factores	Niveles	Número de corridas experimentales
RON	3	12
RPM	2	

Por consiguiente, en la figura 18 se muestra la matriz de diseño experimental que se ha realizado en el software de ingeniería Minitab 18, con el cual se desarrolla las interacciones y el orden para realizar las pruebas.

### Diseño factorial de múltiples niveles

#### Resumen del diseño

Factores: 2 Réplicas: 2  
 Corridas base: 6 Total de corridas: 12  
 Bloques base: 1 Total de bloques: 1

Número de niveles: 3, 2

#### Tabla de diseño

Corrida	Blq	A	B
1	1	1	1
2	1	1	2
3	1	2	1
4	1	2	2
5	1	3	1
6	1	3	2
7	1	1	1
8	1	1	2
9	1	2	1
10	1	2	2
11	1	3	1
12	1	3	2

Figura 18. Matriz de diseño factorial de múltiples niveles. Fuente: Autores.

A continuación, se procede a realizar la explicación del diseño experimental:

- ✓ La primera columna señala el número de corridas experimentales para el estudio el cual son 12
- ✓ La segunda columna nos revela el bloque de base el mismo que será igual a 1.
- ✓ La tercera columna (A) nos hace saber el tipo de combustible (RON) con el cual se deberá realizar las pruebas, la cuarta columna (B) revela el nivel de las rpm del motor (RPM) en el cual se debe realizar la toma de datos.



### 5.10.1 Pasos para la realización del diseño experimental

De la siguiente manera, se detalla el diseño a experimental como se muestra a continuación.

1. Primero, se procede a abrir el Minitab 18 Statistical Software.
2. Luego procedemos a darle clic izquierdo en la opción Estadísticas, después en DOE, factorial, y paso final, clic en crear diseño factorial, como se ve en la figura 19.

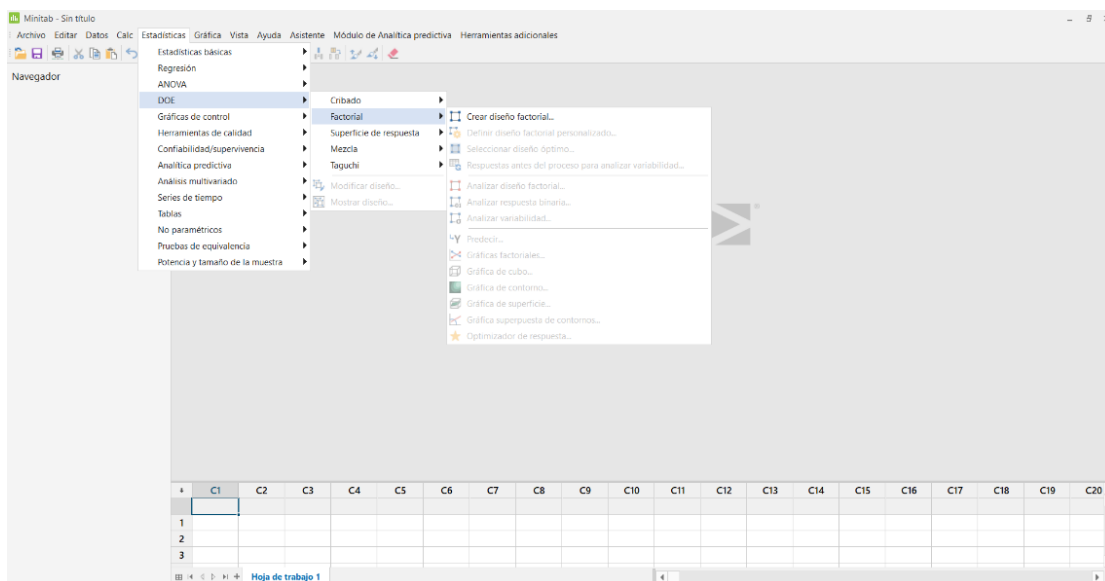


Figura 19. Proceso para la ejecución. Autores.

3. En la parte de crear diseño factorial, lo configuramos según los datos de nuestro proceso, en este caso damos clic en la opción diseño factorial completo general con dos números de factores.

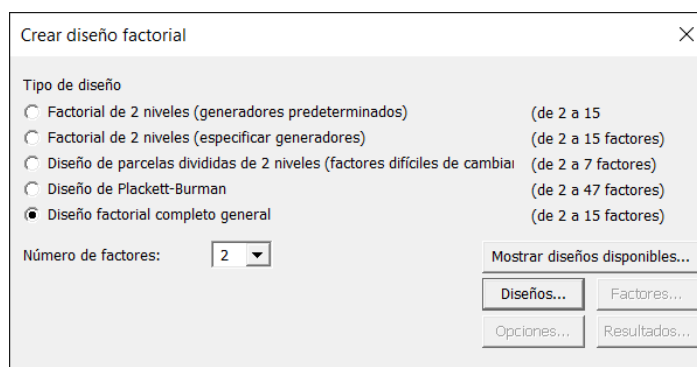


Figura 20. Elegir el diseño factorial. Fuente: Autores.

4. Dar clic en la opción de diseños, para agregarle los nombres de los factores y el número de niveles que se considera en cada uno, al tener ya lista la configuración damos clic en aceptar.
  - El factor A, representa el combustible (RON) con 3 número de niveles.
  - El factor B, representa las revoluciones del motor (RPM) con 2 número de niveles

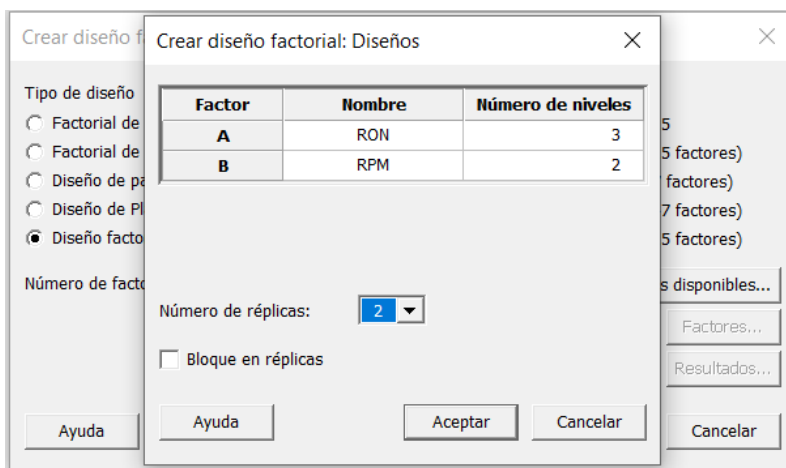


Figura 21. Selección de diseño. Fuente: Autores.

5. Una vez configuramos, procedemos a darle clic izquierdo a la opción factores para verificar nuestro diseño, luego en aceptar.

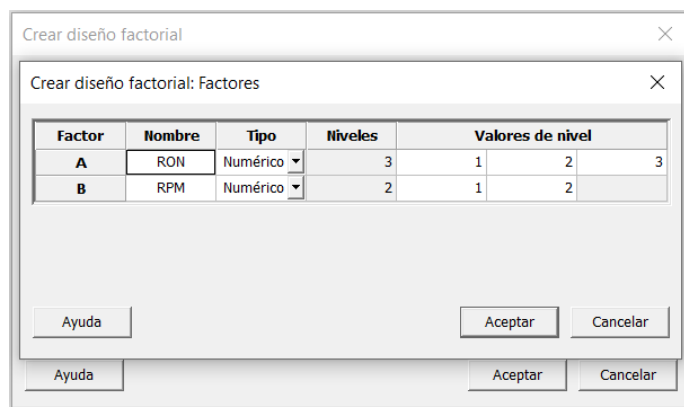


Figura 22. Verificación de diseño. Fuente: Autores.

6. Damos clic en la opción de resultados, y elegimos la literal tabla de resumen y tabla de diseño, presionamos aceptar.

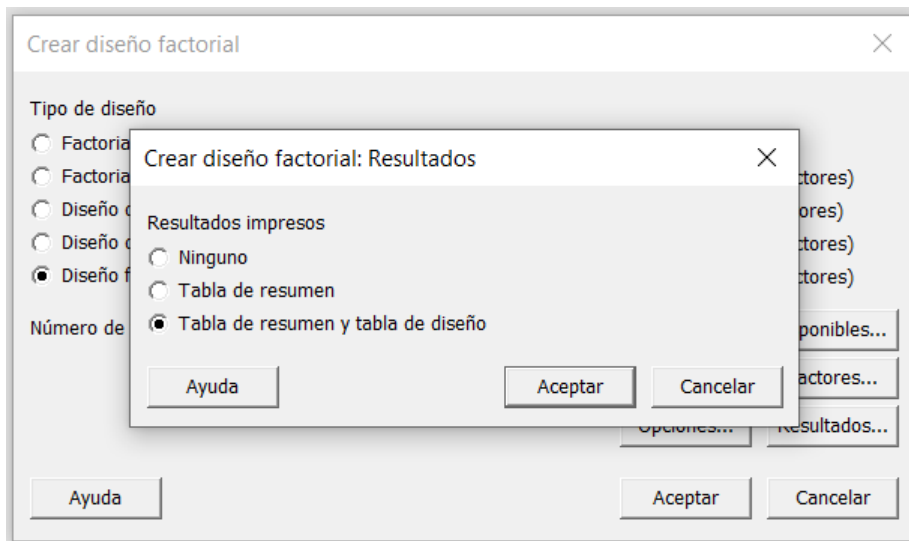


Figura 23. Selección de resultados. Fuente: Autores.

7. Para finalizar, y tener el diseño factorial final y las combinaciones que se deben considerar en las pruebas y el número total de corridas, se presiona clic izquierdo en opciones y desactivamos la opción “Aleatorizar corridas”.

En figura 24, se detallan las combinaciones en la cual se procede a adquirir datos donde se tiene como factor RON tres niveles a considerar (82.90) ECOPAÍS, (87.05) Mezcla 50% (ecopaís) y 50% (Súper) y (91.20) SÚPER, y además el factor de RPM que este se lo toma en dos factores (600) ralenti bajo y (2500) ralenti alto.

**Resumen del diseño**

Factores: 2 Réplicas: 2  
 Corridas base: 6 Total de corridas: 12  
 Bloques base: 1 Total de bloques: 1

Número de niveles: 3, 2

**Tabla de diseño**

+	CORRIDAS				COMBINACIONES	
	C1	C2	C3	C4	C5	C6
	OrdenEst	OrdenCorrida	TipoPt	Bloques	RON	RPM
1	1	1	1	1	82.90	600
2	2	2	1	1	82.90	2500
3	3	3	1	1	87.05	600
4	4	4	1	1	87.05	2500
5	5	5	1	1	91.20	600
6	6	6	1	1	91.20	2500
7	7	7	1	1	82.90	600
8	8	8	1	1	82.90	2500
9	9	9	1	1	87.05	600
10	10	10	1	1	87.05	2500
11	11	11	1	1	91.20	600
12	12	12	1	1	91.20	2500

Figura 24. Resultado del diseño Factorial RON- RPM. Fuente: Autores.

### 5.11 Estructura del diseño experimental

En la figura 25, indica la estructura con las variables que se estiman en este diseño experimental de tal manera que se consideran las variables de estudio y las variables de respuesta.

Como variables de estudio se ha considerado el combustible y las revoluciones del motor (rpm), donde el combustible se lo clasifica por niveles de octanajes: ECOPAÍS (82,90), SÚPER (91,20) y MEZCLA en proporción de 50% entre cada gasolina (87,05). De la misma manera en la variable de estudio de RPM se establecen 2 niveles los cuales son: ralentí bajo (600 rpm) y ralentí alto (2500 rpm).

Por otro lado, como variables de respuesta se ha considerado los gases de emisiones contaminantes (CO, CO<sub>2</sub> y HC) generadas por un motor de combustión la cual se mide con el analizador de gases, mientras la otra variable de respuesta considerada son las prestaciones del motor (POTENCIA y PAR MOTOR).

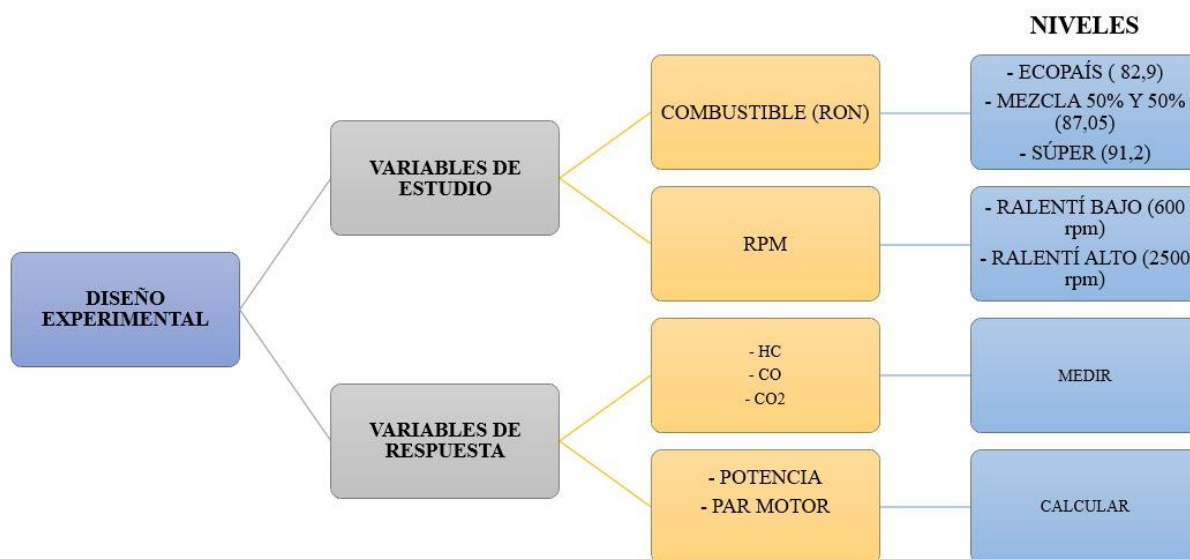


Figura 25. Estructura del diseño experimental con las variables. Fuente: Autores.

En la adquisición de datos se sigue la secuencia descrita en el flujograma de proceso:

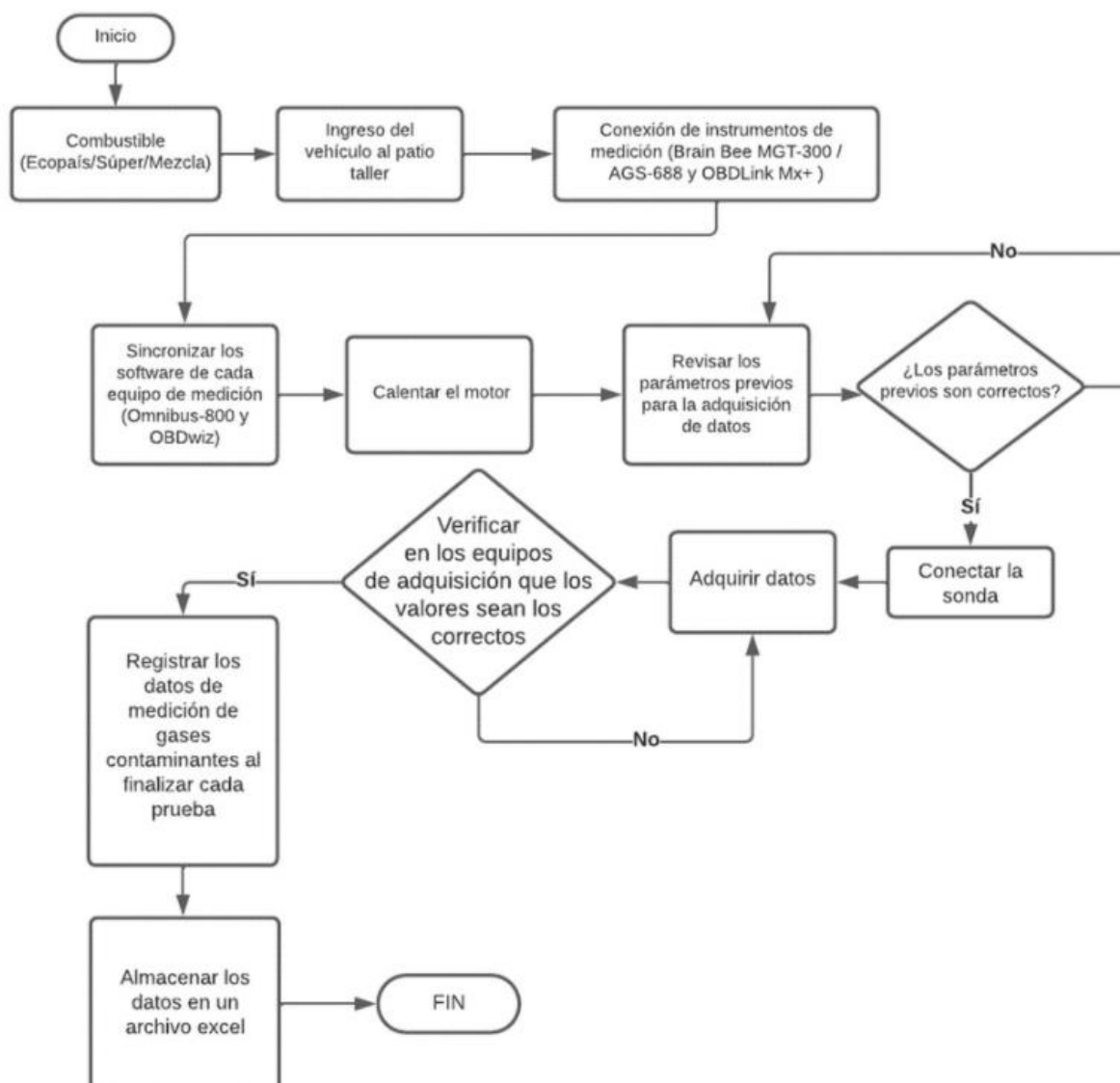


Figura 26. Flujograma para la adquisición de datos generales. Fuentes: Autores.

En el flujograma ver figura 26, muestra el proceso siguiente para la adquisición de datos la cual inicia desde la colocación del combustible (SÚPER, ECOPAÍS y MEZCLA) al depósito, luego se realiza el ingreso del vehículo al patio taller de la Universidad Politécnica Salesiana, se prosigue con la conexión de los equipos de medición Brain Bee AGS-688, MGT-300 y OBDLINK al vehículo respectivamente. Una vez realizada la conexión de los equipos se procede a sincronizar los softwares de cada equipo de medición OMNIBUS-800 y OBDWIZ, posterior, se enciende el vehículo para calentar el motor y se espera hasta tener la temperatura ideal del motor. Luego se procedió a revisar los parámetros como temperatura del motor (92°C a 96 ° C), carga del motor (19% a 20%) y IAT (47°C a 51° C).

Si el valor de los parámetros previos es correcto, se procede a conectar la sonda del analizador de gases, y correspondientemente se adquiere los datos, después se verifica que los datos son los correctos, una vez se verifica que son correctos se procede a registrarlos y almacenarlos. El proceso indicado en el flujograma de la figura 26 se aplicó para cada tipo de combustible.

## **6. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

### **6.1 Análisis ANOVA**

Como se indicó en apartados anteriores este análisis estadístico permitirá probar la hipótesis de que las medias o promedios de dos o más poblaciones son iguales (León & Maldonado, 2018).

En el análisis de varianza se comprobará, según León y Maldonado (2018):

- El supuesto de normalidad en las muestras obtenidas.
- Verificar si existe varianza constante.
- La independencia de residuos, es decir comprobar que los datos se comporten de manera aleatoria y no sigan ningún patrón.
- Si los datos funcionan al azar y no siguen ningún patrón, entonces habrá una independencia de los residuos.

El Anova se lo realiza para probar los resultados de los datos de la muestra en comparación con los parámetros de salida.

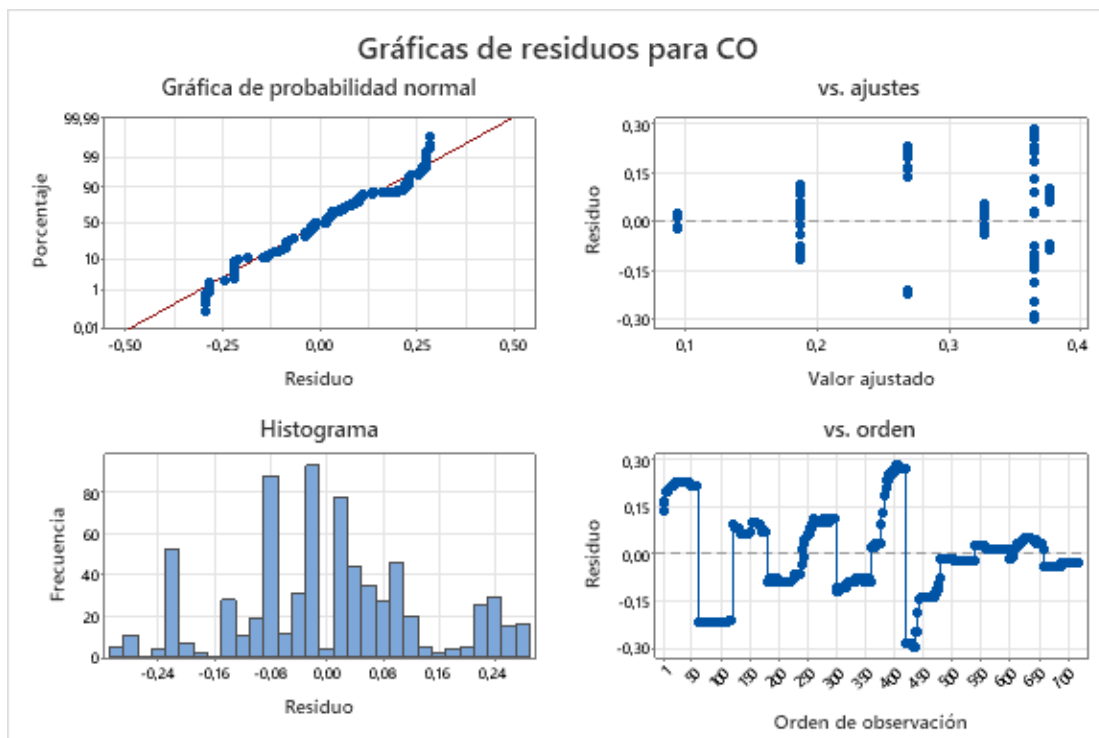


Figura 27. Gráfica de residuos para CO. Fuente: Autores.

Como se puede observar en la Figura 27, la gráfica de los residuos del monóxido de carbono (CO) presenta normalidad en los datos ajustándose a la recta, además esto se corrobora con el histograma, por otro lado, los valores pronosticados para los residuos se distribuyen aleatoriamente sin formar un patrón, lo cual establece que existe una varianza constante, como también que los residuos no están correlacionados entre sí y que las muestras son aleatorias.

La figura 28 indica que los resultados tienen una diferencia estadísticamente significativa un valor de  $p = 0$ . En la figura 29 se observa y verifica la variación e independencia de los datos de la variable CO, ya que presenta una aleatoriedad.

## Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
RESPUESTA	5	7,437	1,48735	83,45	0,000
Error	714	12,726	0,01782		
Total	719	20,163			

Figura 28. Análisis de varianza. Fuente: Autores.

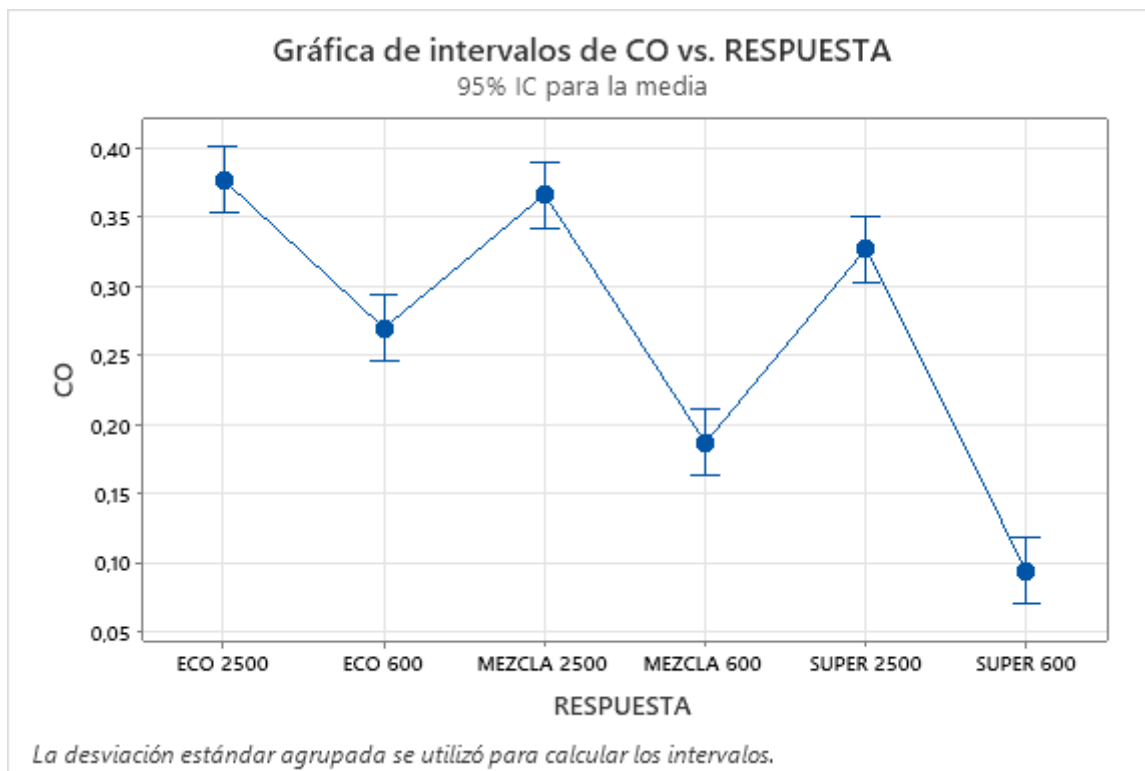


Figura 29. Gráfica de intervalos de CO vs respuesta. Fuente: Autores.

La figura 30, se observa la gráfica de los residuos del  $CO_2$  donde se puede verificar (Gráfica de probabilidad normal) que se ajustan a una tendencia de una línea recta, cumpliéndose el supuesto de normalidad, también se puede apreciar que la gráfica (Residuos vs valor ajustes) no sigue ningún patrón formando cuello de botella o embudo, debido a que están distribuidos aleatoriamente comprobándose el supuesto de la varianza constante, además, en la gráfica (Residuos vs orden) se verifica que los datos son independientes entre sí, los puntos están distribuidos de manera aleatoria lo que demuestra que los datos tienen independencia. En la gráfica de (Histograma) se indica una correcta distribución de los datos.

La figura 31 muestra que los resultados tienen un valor de  $p = 0$ , es decir que la diferencia es estadísticamente significativa. En la figura 32 se puede visualizar y verifica la variación e independencia de los datos del  $CO_2$ , porque tiene una aleatoriedad.



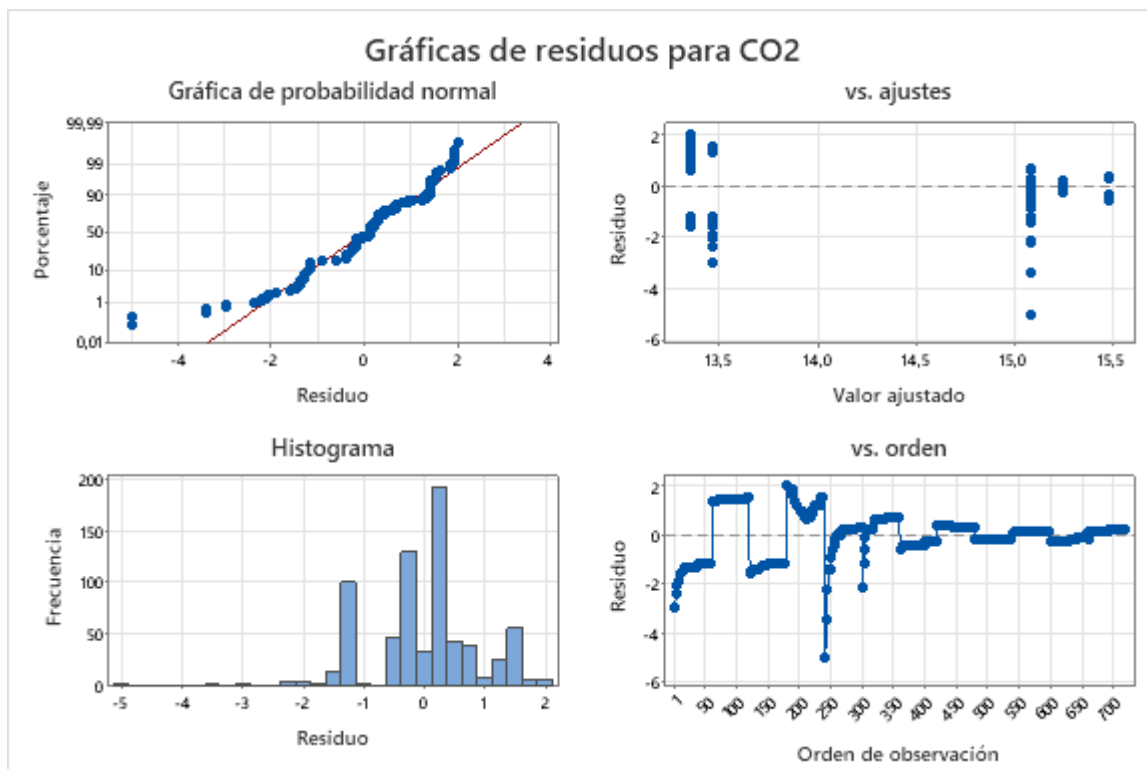


Figura 30. Gráficas de residuos para CO<sub>2</sub>. Fuentes: Autores.

## Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
RESPUESTA	5	561,1	112,228	133,86	0,000
Error	714	598,6	0,838		
Total	719	1159,8			

Figura 31. Análisis de varianza. Fuente: Autores.

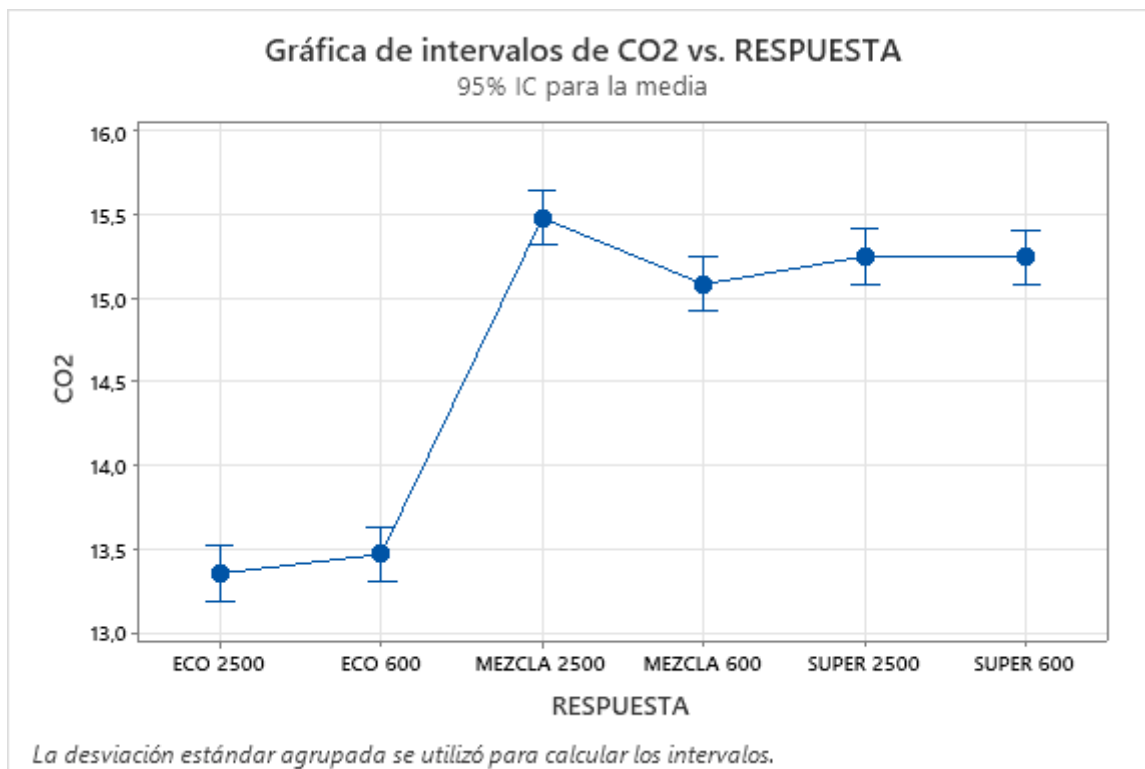


Figura 32. Gráfica de intervalos de CO<sub>2</sub> vs respuesta. Fuente: Autores.

En la figura 33, se puede ver la (Gráfica de probabilidad de normal) los datos siguen la tendencia a una línea recta, por lo tanto, se establece que los datos están distribuidos normalmente.

La gráfica del (Histograma) que tiene una forma de campana de Gauss, por tanto, se tiene una correcta distribución de datos. Por otra parte, los (Residuos vs el valor ajustado) no siguen ningún patrón cumpliéndose el supuesto de varianza constante y la gráfica de los (Residuos vs orden de observación) están distribuidos de manera aleatoria demostrando que los datos de las muestras del HC son aleatorias.

La figura 34 indica que los resultados tienen un valor de  $p = 0$ , es decir una diferencia estadísticamente significativa. En la figura 35 se puede ver la aleatoriedad de los datos, por ende se confirma la variación e independencia de los datos de la variable HC.

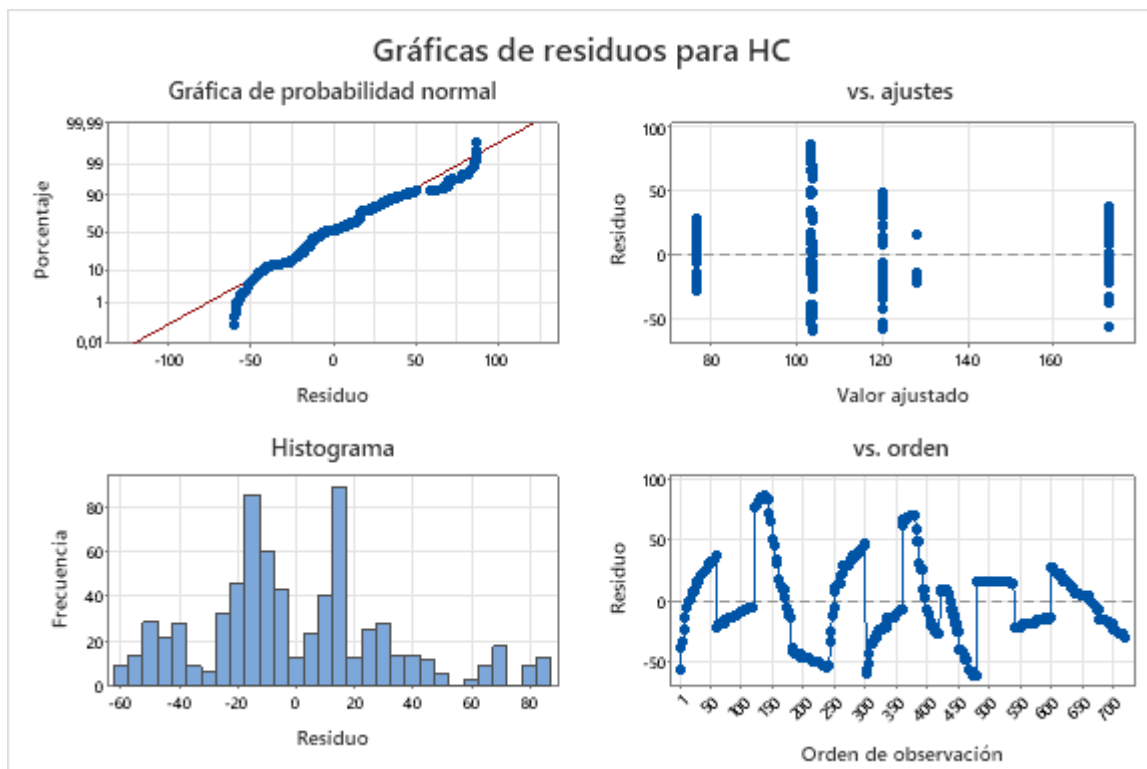


Figura 33. Gráfica de residuos para HC. Fuente: Autores.

## Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
RESPUESTA	5	637517	127503	118,28	0,000
Error	714	769695	1078		
Total	719	1407212			

Figura 34. Análisis de varianza. Fuente: Autores.

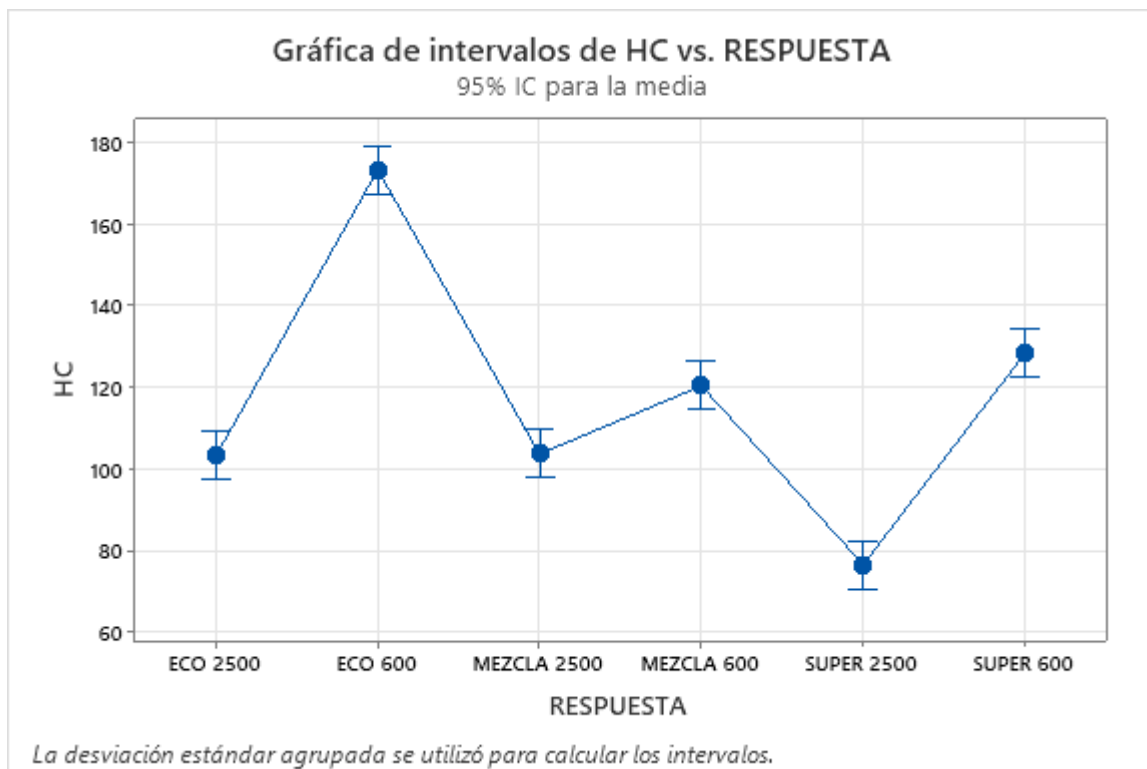


Figura 35. Gráfica de intervalos de HC vs respuesta. Fuente: Autores.

En la tabla 18, se muestra los valores de las emisiones contaminantes con la gasolina ECOPAÍS.

Tabla 18. Emisiones de gasolina ECOPAÍS. Fuente: Autores.

<b>Gasolina ECOPAÍS</b>		
<b>Emisiones</b>	<b>Régimen de giro</b>	
	600 rpm	2.500 rpm
% V CO	0,48	0,45
% V CO <sub>2</sub>	12,045	12,10
ppm HC	173,225	103,16

La tabla 19, muestra los valores de las emisiones contaminantes con la mezcla de gasolina (50% ECOPAÍS y 50% SÚPER), evidenciando que a 2.500 rpm el valor del CO de la gasolina ECOPAÍS (0,45 % V) es mayor que el de la mezcla de combustible (0,36 % V).

Tabla 19. Emisiones de mezcla de gasolina. Fuente: Autores.

Mezcla de gasolina (50% ECOPAÍS y 50% SÚPER)		
Emisiones	Régimen de giro	
	600 rpm	2500 rpm
% V CO	0,18	0,3661
% V CO <sub>2</sub>	15,085	15,48
ppm HC	120,28	103,55

En la table 20 se presentan los datos de las emisiones con gasolina super donde el valor del CO es bajo (0,09 % V) a un régimen del motor de 600 rpm.

Tabla 20. Emisiones de gasolina super. Fuente: Autores.

Gasolina SÚPER		
Emisiones	Régimen de giro	
	600 rpm	2500 rpm
% V CO	0,09	0,32
% V CO <sub>2</sub>	15,24	15,25
ppm HC	128,24	76,45

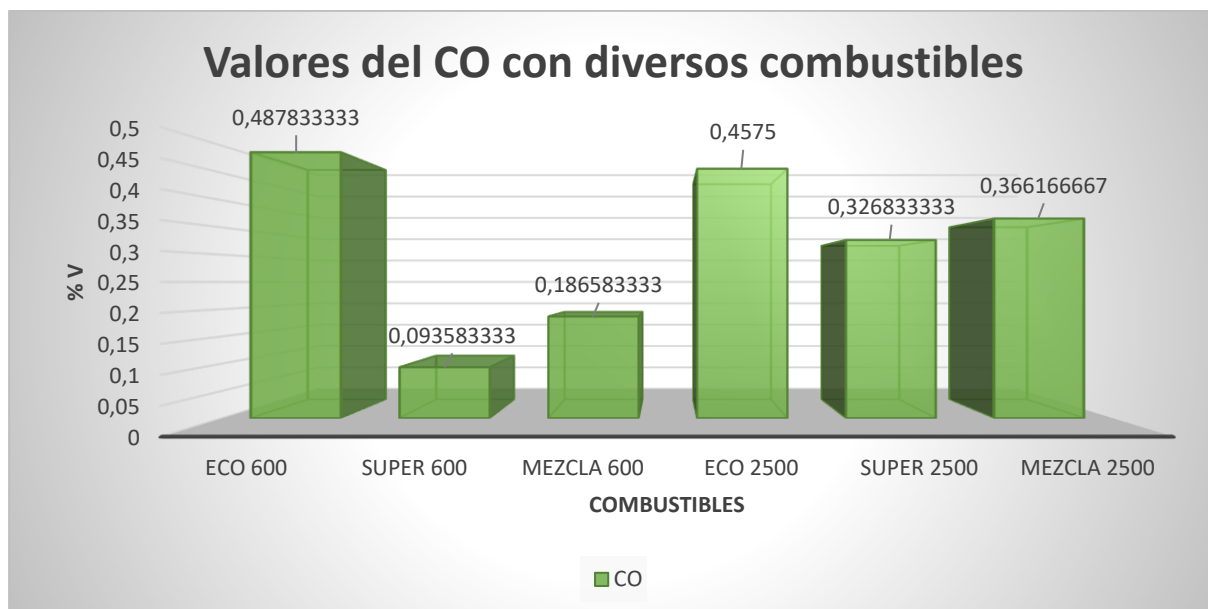


Figura 36. Valores del CO. Fuente: Autores.

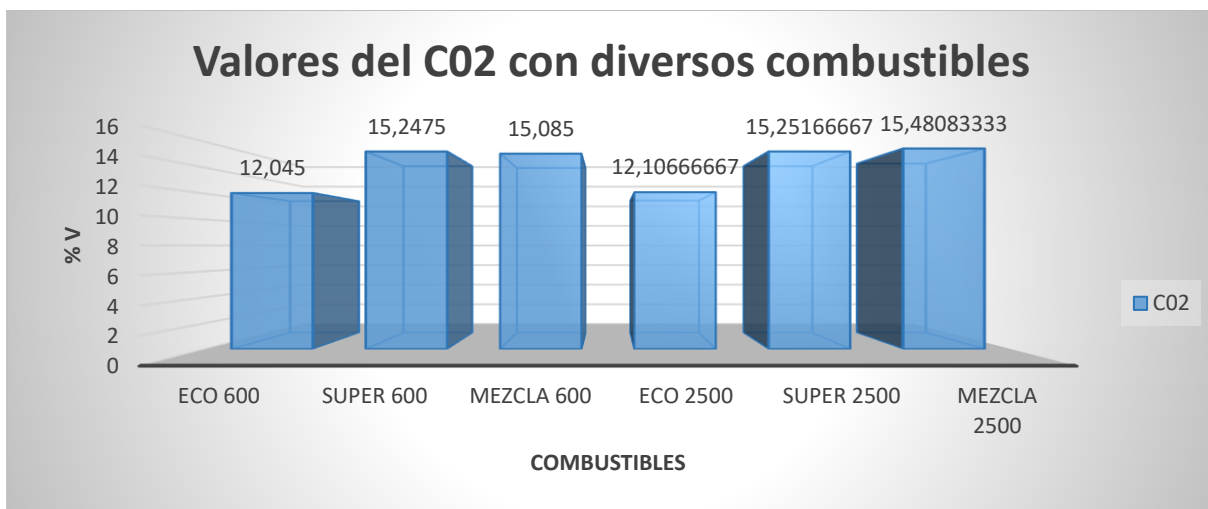


Figura 37. Valores del CO<sub>2</sub>. Fuente: Autores.

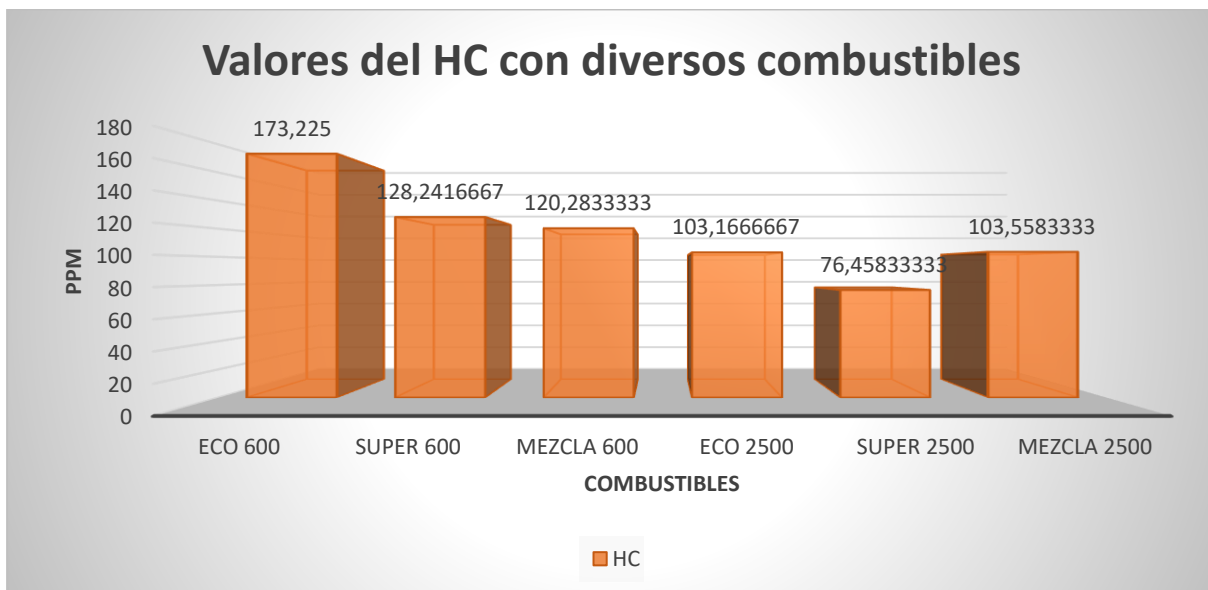


Figura 38. Valores del HC. Fuente: Autores.

A continuación, se realiza un análisis detallado de los resultados generados con los diferentes niveles de combustibles y revoluciones del motor considerados, para que de tal manera se pueda determinar el nivel de contaminación que genera cada combustible influyendo en el motor de combustión por medio de una comparativa. Por ello este análisis considera el valor de la media, error estándar de la mezcla, desviación estándar, varianza, mínimo, máximo y el rango.

Los valores obtenidos se comparan con los valores de la normativa INEN 2204.

## 6.2 Análisis ralenti

A continuación, se presentan los resultados estadísticos en prueba a ralenti (600 rpm) con los tres tipos de combustibles donde se realiza el análisis correspondiente de los gases considerados en el trabajo experimental HC, CO y CO<sub>2</sub> con el fin de interpretar el comportamiento de las emisiones con diferentes combustibles.

*Tabla 21. Resultados estadísticos en ralenti con gasolina ECOPAÍS. Fuente: Autores.*

<b>Variable</b>	<b>Media</b>	<b>Error estándar de la media</b>	<b>Desviación estándar</b>	<b>Varianza</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Rango</b>
CO	0.2695	0.0201	0.2197	0.0483	0.0500	0.5000	0.4500
CO <sub>2</sub>	13.468	0.133	1.460	2.132	10.500	15.000	4.500
HC	173.22	1.79	19.61	384.38	117.00	211.00	94.00

En la tabla 21 se muestran los valores de CO en ralenti con la gasolina ECOPAÍS, donde se tiene un 0.2695% del valor promedio, esto indica que el valor del CO generado por el motor de la unidad experimental se encuentra dentro del límite permitido ( $0,01 > x = < 1,30$ ) según la normativa INEN 2204 y la revisión técnica vehicular de la ciudad de Guayaquil.

De la misma manera la tabla muestra el valor promedio de HC, donde se tiene un valor de 173.22 ppm lo cual es un valor permitido ( $0,01 > x = < 200,00$ ) según la normativa ecuatoriana. Con lo cual estos valores indican que se encuentran dentro del óptimo funcionamiento del motor.

Tabla 22. Resultados estadísticos en ralentí con gasolina súper. Fuente: Autores.

<b>Variable</b>	<b>Media</b>	<b>Error estándar de la media</b>	<b>Desviación estándar</b>	<b>Varianza</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Rango</b>
CO	0.09358	0.00185	0.02024	0.00041	0.0700	0.12000	0.05000
CO <sub>2</sub>	15.248	0.0136	0.149	0.0222	15.100	15.400	0.300
HC	128.24	1.53	16.81	282.42	107.00	145.00	38.00

En la tabla 22 se muestran los valores de CO en ralentí con la gasolina súper, donde se tiene un 0.09358% del valor promedio, esto indica que el valor del CO generado por el motor de la unidad experimental se encuentra dentro del límite permitido ( $0,01 > x = < 1,30$ ) según la normativa INEN 2204 y la revisión técnica vehicular de la ciudad de Guayaquil.

De la misma manera la tabla muestra el valor medio de HC, donde se tiene un valor de 128.24 ppm lo cual es un valor permitido ( $0,01 > x = < 200,00$ ) según la normativa ecuatoriana. Con lo cual estos valores indican que se encuentran dentro del óptimo funcionamiento del motor.

Tabla 23. Resultados estadísticos en ralentí con la mezcla de ambas gasolinas. Fuente: Autores.

<b>Variable</b>	<b>Media</b>	<b>Error estándar de la media</b>	<b>Desviación estándar</b>	<b>Varianza</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Rango</b>
CO	0.18658	0.00861	0.09437	0.00891	0.07000	0.30000	0.2300
CO <sub>2</sub>	15.085	0.0933	1.022	1.045	10.100	15.800	5.700
HC	120.28	2.74	29.96	897.75	62.00	169.00	107.00

En la tabla 23 se muestran los valores de CO en ralentí con la mezcla de gasolina ECOPAÍS y SÚPER, donde se tiene un 0.18658% del valor promedio, esto indica que el valor del CO generado por el motor de la unidad experimental se encuentra dentro del límite permitido ( $0,01 > x = < 1,30$ ) según la normativa INEN 2204 y la revisión técnica vehicular de la ciudad de Guayaquil.



De la misma manera la tabla muestra el valor promedio de HC, donde se tiene un valor de 120.28 ppm lo cual es un valor permitido ( $0,01 > x = < 200,00$ ) según la normativa ecuatoriana. Con lo cual estos valores indican que se encuentran dentro del óptimo funcionamiento del motor.

### 6.3 Análisis a media carga

A continuación, se presentan los resultados estadísticos en prueba a media carga (2000 - 2500 rpm) de la misma manera con los tres tipos de combustibles donde se realiza el análisis correspondiente de los gases considerados en el trabajo experimental HC, CO y CO<sub>2</sub> con el fin de interpretar el comportamiento de las emisiones e identificar con cuál de los diferentes combustibles existe una variación considerable.

*Tabla 24. Resultados estadísticos a media carga con gasolina ECOPAÍS. Fuente: Autores.*

<b>Variable</b>	<b>Media</b>	<b>Error estándar de la media</b>	<b>Desviación estándar</b>	<b>Varianza</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Rango</b>
CO	0.37683	0.00747	0.08181	0.00669	0.29000	0.48000	0.19000
CO <sub>2</sub>	13.353	0.118	1.288	1.660	11.800	15.400	12.2
HC	103.17	4.88	53.45	2857.25	50.00	190.00	140.00

Los valores de CO, CO<sub>2</sub> y HC a media carga (2000 a 2500 rpm) que se encuentran en la tabla 24 no reflejan un aumento considerable, más bien el valor del CO aumenta un 10% aproximadamente, mientras que el CO<sub>2</sub> se mantiene igual con un valor promedio de 13.353% y el HC muestra un valor de disminución de 103.17 ppm lo cual se considera dentro del límite permitido por la normativa ecuatoriana ya que la misma indica que la cantidad de HC no debe exceder a 200 ppm cuando se consideren medias y altas revoluciones.

Tabla 25. Resultados estadísticos a media carga con gasolina súper. Fuente: Autores.

<b>Variable</b>	<b>Media</b>	<b>Error estándar de la media</b>	<b>Desviación estándar</b>	<b>Varianza</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Rango</b>
CO	0.32683	0.00318	0.03481	0.00121	0.29000	0.38000	0.09000
CO <sub>2</sub>	15.252	0.0181	0.0393	0.0393	15.000	15.500	0.500
HC	76.46	1.54	16.91	285.95	48.00	105.00	57.00

En la tabla 25 se muestran los valores de CO en media carga con la gasolina súper, donde se tiene un 0.32683% del valor promedio, esto indica que el valor del CO generado por el motor de la unidad experimental se encuentra dentro del límite permitido el cual no debe exceder más del 1% de CO en altas rpm según la normativa INEN 2204.

De la misma manera la tabla muestra el valor promedio de HC, donde se tiene un valor de 76.46 ppm lo cual se observa una variación con respecto a los otros combustibles. Por lo que, la norma indica que la cantidad de HC no debe exceder a 200 ppm. Con lo cual estos valores comprueban el óptimo funcionamiento del motor.

Tabla 26. Resultados estadísticos a media carga con la mezcla de ambas gasolinas. Fuente: Autores.

<b>Variable</b>	<b>Media</b>	<b>Error estándar de la media</b>	<b>Desviación estándar</b>	<b>Varianza</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Rango</b>
CO	0.3662	0.0186	0.2036	0.0415	0.0700	0.6500	0.5800
CO <sub>2</sub>	15.481	0.332	0.364	0.132	14.900	15.900	1.000
HC	103.56	3.83	41.96	1760.28	43.00	174.00	131.00

En la tabla 26 se muestran los valores de CO en ralentí con la mezcla de los combustibles SÚPER y ECOPAÍS, donde se tiene un 0.3662% del valor promedio, esto indica que el valor del CO generado por el motor de la unidad experimental se encuentra dentro del límite permitido según la normativa INEN 2204 (el valor de CO en altas rpm no debe ser mayor al 1).

De la misma manera la tabla muestra el valor promedio de HC, donde se tiene un valor de 103.56 ppm, lo cual que indica que la cantidad de HC que genera el motor no supera los 200 ppm que limita la norma ecuatoriana.

#### 6.4 Prestaciones de la unidad experimental

A continuación, se presenta las curvas de potencia y torque, las mismas son graficadas en base a diversos valores de rpm, permitiendo caracterizar el comportamiento del automotor. Las prestaciones referidas a potencia y torque son obtenidas mediante las ecuaciones indicadas en el presente trabajo de investigación. La presente investigación no ha sido orientada a evaluar una marca o modelo de vehículo, de tal manera que se ha obtenido valores máximos de potencia y torque de la revisión bibliográfica.

Para obtener la potencia es necesario conocer las revoluciones del motor, por lo tanto, se toma en consideración los parámetros obtenidos con el OBDLink MX+, tales como el rpm, presión absoluta del colector de admisión y porcentaje de apertura de la mariposa en aceleración.

Para realizar el cálculo de la potencia se dispone de la siguiente ecuación donde se toma en cuenta las rpm máximas brindadas como información por el fabricante y el pico de potencia, los demás factores están establecidos de manera experimental de acuerdo a (Jara & Pineda, 2019).

$$N_e = N_{e\max} * \frac{n}{n_N} * [0.81 + 1.19 * \frac{n}{n_N} - (\frac{n}{n_N})^2] \quad (4)$$

*Ecuación 4. Ecuación para calcular la potencia. Fuente: (Jara & Pineda, 2019).*

En donde:

- $N_e$  = Potencia en función de la velocidad angular del motor [KW].
- $N_{e\max}$  = Potencia máxima del motor [KW].
- $n$  = Variación de la velocidad angular [rpm].
- $n_N$  = Velocidad angular del motor a la máxima potencia efectiva [rpm].

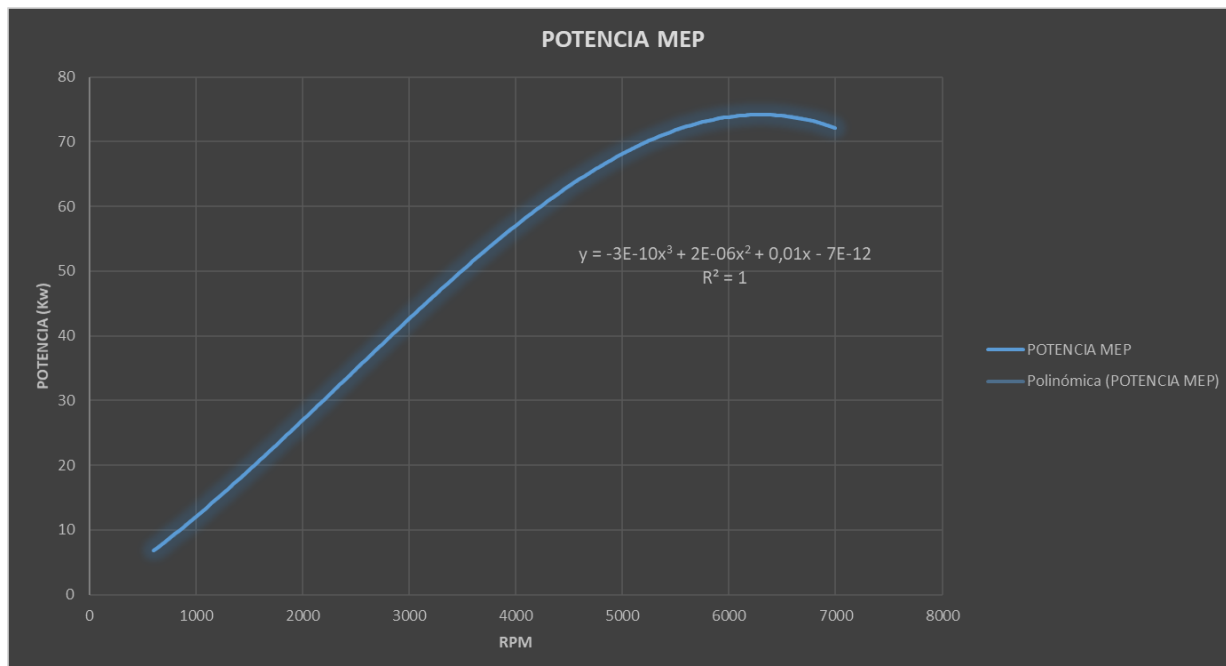


Figura 39. Potencia. Fuente: Autores.

Como se puede apreciar en la figura 39, se muestra la potencia que genera el motor a medida que aumentan las rpm, por lo cual indica que a 6000 rpm se obtiene la potencia máxima de 73 KW basados en las especificaciones técnicas del vehículo.

Para el torque se dispone de la siguiente ecuación que depende de la potencia efectiva:

$$M = \frac{716.2 * 9.8 * N_e}{n} \quad (5)$$

Ecuación 5. Par motor en función a la velocidad angular. Fuente: (Jara & Pineda, 2019).

En donde:

- M = Par motor en función de la velocidad angular [Nm].
- Ne = Potencia en función de la velocidad angular del motor [CV].
- n = Variación de la velocidad angular [rpm].

Otra forma de calcular el par motor es mediante la siguiente ecuación, donde se despeja el torque:

$$P = \frac{M * n}{9550} \text{ (kW)} \quad (6)$$

Ecuación 6 Par motor Fuente: (Sanz, 2007)

Donde:

P = potencia en kW (kilovatios)

M = par en Nm (newton metro)

n = rpm (revoluciones por minutos)

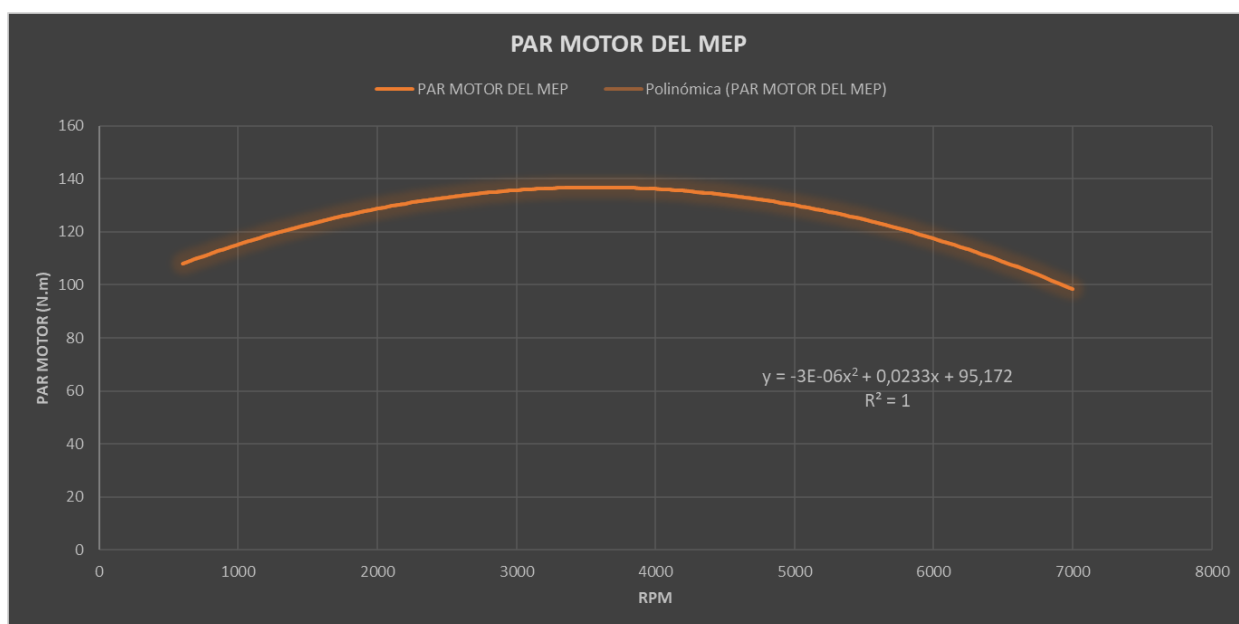


Figura 40. Par motor. Fuente: Autores.

En la figura 40, se puede observar que a 4000 rpm aproximadamente se tiene 133 N.m de Torque, siendo este valor cercano al máximo que posee el motor.

En la figura 41 se muestra las curvas de potencia vs par motor considerando los valores de las especificaciones técnicas, donde el cruce de curvas se intercepta a 4800 rpm aproximadamente.

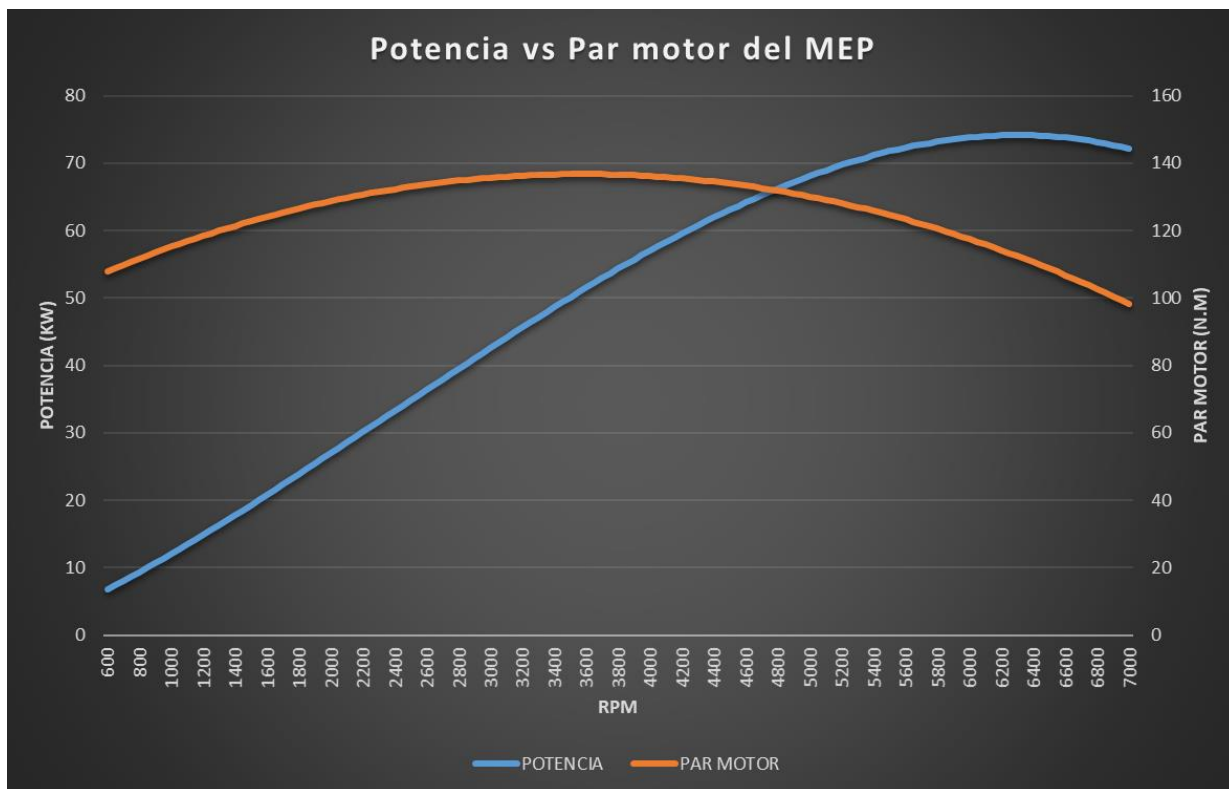


Figura 41 Potencia Vs Par motor Fuente: Autores

También, analizando el HC en función de la carga y las revoluciones del motor que se relacionan directamente con la potencia, con la gasolina súper se puede decir que mientras más carga y a más rpm este girando el motor la concentración de HC será mayor como se puede observar en la figura 42.

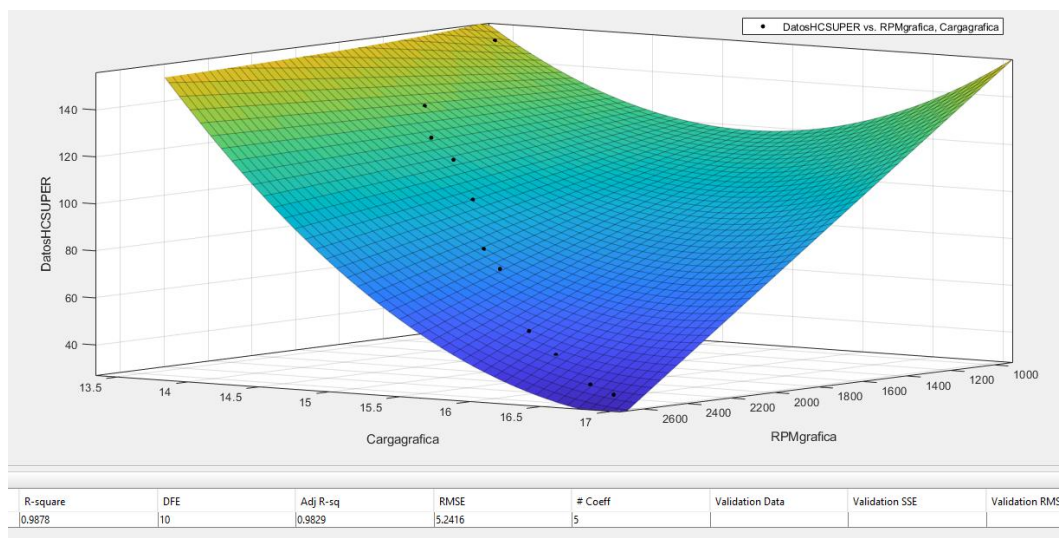


Figura 42 Comportamiento del HC con súper. Fuente: Autores.

Además, analizando el HC en función de la carga y las revoluciones del motor que se relacionan directamente con la potencia, con la gasolina ecopaís se puede decir que mientras más carga y a más rpm este girando el motor la concentración de HC será mayor como se puede observar en la figura 43.

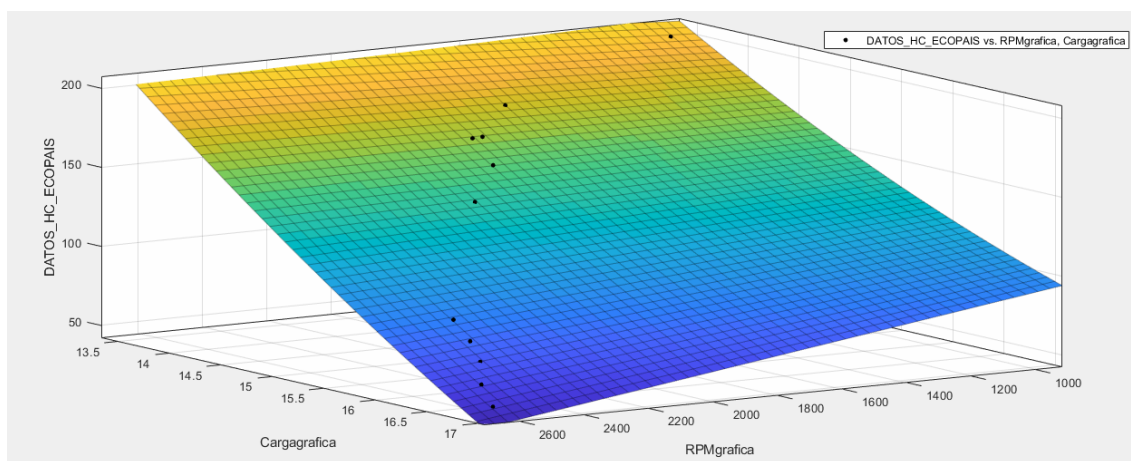


Figura 43 Análisis del HC. Fuente: Autores.

## 7. CONCLUSIONES

- Se ha realizado un estudio exhaustivo de las consecuencias que generan las emisiones contaminantes emitidas por el motor de manera que la influencia del combustible dentro de la ciudad es un factor de suma importancia debido a que según fuentes bibliográficas el motor diésel es menos peligroso que el motor otto.
- En base a los resultados obtenidos en el análisis de muestra, se establece que al utilizar la gasolina ECOPAÍS a bajas rpm se consiguió un valor de 0.26% del valor promedio de CO, 13.46% de CO<sub>2</sub> y 173.22 ppm de HC lo cual resulta ideal para las características y año del vehículo experimental debido a que estos valores presentados se encuentran por debajo del límite permitido que establece la norma ecuatoriana INEN 2204, la misma que se verá reflejada en los umbrales de gases de la revisión técnica vehicular estipulados por la SGS.
- El uso de la gasolina súper a bajas rpm reflejó un valor de 0.093% del valor promedio de CO, 15.28% de CO<sub>2</sub> y 128.24 ppm de HC lo cual indica que con este combustible y a ralenti bajo se emite menor cantidad de CO, la cantidad de CO<sub>2</sub> no varía de una manera considerable por lo cual se mantiene, mientras que se observa una menor concentración

de ppm lo que significa que existe menos cantidad de restos no quemados de combustible que se generan al producirse una combustión incompleta.

- Al utilizar la mezcla de gasolinas 50% súper y 50% ECOPAÍS en condiciones de bajas rpm se obtuvieron valores de 0.18% del valor promedio de CO, 15,08% del valor de  $CO_2$  y 120.28 ppm de HC lo cual implica una disminución considerada de gases contaminantes en comparación a los otros combustibles presentados por el análisis de muestra. Los valores presentados con la mezcla de combustibles no superan el límite permitido por la normativa INEN 2204 lo cual indica que el motor al usar esta mezcla contamina menos.
- Los valores obtenidos con gasolina ECOPAÍS a media carga presentaron variaciones dando como resultado 0.37% del valor promedio de CO, 13.35% de  $CO_2$  y 103.17 ppm de HC respectivamente, los cuales se encuentran dentro del valor permitido por la normativa ecuatoriana para el tipo de rpm consideradas como media carga.
- Los valores presentados con la gasolina súper a media carga presentan valores lejanos en comparación con la gasolina ECOPAÍS, los valores son 0.32% del valor medio de CO, 15.25% de  $CO_2$  y 76.46 ppm de HC donde se observa que a medida que aumentan las rpm del motor hasta 2.500, la cantidad de emisiones disminuyen en comparación a ralentí. Sin embargo, los valores presentados siguen dentro del límite establecido.
- Con la mezcla de ambos combustibles a media carga se observan que los valores promedio de los gases fueron de 0.36% de CO, 15.48% de  $CO_2$  y 103.56 ppm de HC respectivamente donde claramente los valores emitidos por el análisis de muestra se encuentran dentro del límite que exige la normativa INEN 2204.
- Con los resultados obtenidos en este estudio se determina que se cumplió con el objetivo general planteado, es decir, que se determinó y analizo las emisiones y prestaciones para un vehículo de la subcategoría M1 en la ciudad de Guayaquil con los combustibles ECOPAÍS y SÚPER, adicional se realizó el análisis con la mezcla ECOPAÍS y SÚPER en un 50%, respectivamente.
- Mediante el desarrollo del análisis de varianza de un solo factor, se validó el estudio, se obtuvieron valores de  $p=0$ , gráfica de probabilidad normal, residuos vs valor ajustado, histograma y residuos vs orden de observación, de demostrando que los valores analizados tienen una diferencia significativa y son óptimos para el desarrollo de la presente investigación.



## 8. RECOMENDACIONES

- Se debe tener en cuenta que los combustibles con los que se vaya a trabajar en el proceso de toma de datos deberán ser de una misma empresa, debido a que las empresas que brindan servicio de gasolinas no trabajan con la misma cantidad de aditivos y esto puede afectar considerablemente en el análisis de emisiones contaminantes.
- Realizar la correcta limpieza del tanque de combustible después de cada toma de datos con los diferentes combustibles, esto ayuda a retirar las impurezas que se encuentren dentro de el y de la misma manera evitar que se mezclen los combustibles sin que se lo requiera.
- Previo a la toma de datos es importante realizar un diagnóstico computarizado con ayuda del escáner. Esto servirá para tomar en cuenta si existe algún código de falla que pueda afectar en las muestras.
- Para realizar la toma de datos correspondiente se debe esperar a que el motor alcance las temperaturas óptimas de funcionamiento, esto ayudará a que los valores que se obtengan de los equipos de adquisición sean valores reales los cuales se muestran en la normativa ecuatoriana INEN 2204 y RTV revisión técnica vehicular.
- Realizar pruebas preliminares con el fin de observar que todos los equipos de medición y adquisición están en correcto funcionamiento y sincronizados, para que de esta manera se pueda evitar errores durante el experimento y pérdida de tiempo.
- Se debe tener en cuenta que todas muestras consideradas en la adquisición de datos deben realizarse en las mismas condiciones climáticas debido a que este factor puede llegar a influir en los resultados obtenidos.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

- Arias, E., & Ludeña, J. (2018). *Estimación del consumo de combustible y niveles de emisiones contaminantes de un vehiculo de la categoria M1 en rutas con mayor grado de saturación en la ciudad de cuenca*. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana.
- AUTOS, O. (2021). *Los autos más vendidos en Ecuador en 2021*. Guayaquil: OLX AUTOS.
- Banco Central del Ecuador. (2021). *Reporte del sector petrolero*. Obtenido de <https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/Hidrocarburos/ASP202103.pdf>
- Bee, B. (2018). *Brain Bee Workshop Solutions*. Obtenido de Brain Bee Workshop Solutions: <https://www.brainbee.mahle.com/media/brainbee/product-lines/emission/ags-688/mahle-brain-bee-ags-688-es.pdf>
- Carrillo , J., Rojas , V., & Martinez , J. (2017). Determinación del Torque y Potencia de un Motor de Combustión Interna a Gasolina Mediante el Uso de Bujía con Sensor de Presión Adaptado y Aplicación de un Modelo Matemático. *Politécnica*, 2. Obtenido de [http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1390-01292017000100049&lng=pt&nrm=iso](http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1390-01292017000100049&lng=pt&nrm=iso)
- Carsync. (26 de agosto de 2018). *La gasolina Súper, el octanaje y el control del costo*. Obtenido de Blog.carsync.com: <https://blog.carsync.com/blog/gasolina-super-octanaje-y-control-del-costo>
- El comercio. (2021). *Comité técnico planteará nueva norma sobre calidad de gasolinas*. Obtenido de <https://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/comite-nueva-norma-calidad-gasolinas.html>
- Flores, G. (2020). *Clusterización de las regiones del Perú, un análisis de interdependencia según indicadores socioeconómicos*. Puno: Universidad Nacional Del Altiplano.
- Gaviria, J., & Mora, J. (Junio de 2002). Historia de los motores de combustión interna. *Revista Facultad de Ingeniería*(26), 68-78.
- González, D. (2015). *Motores térmicos y sus sistemas auxiliares*. Paraninfo.
- Gutiérrez, H., & De la Vara, R. (2008). *Análisis de diseño de experimentos*. McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. de C.V.
- Herrera, J., Rodríguez, S., & Rojas, J. (2012). *Vista de Determinación de las emisiones de contaminantes del aire generadas por fuentes móviles en carreteras de Costa Rica*. Obtenido de Vista de Determinación de las emisiones de contaminantes del aire generadas por fuentes móviles en carreteras de Costa Rica
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2017). *Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2204*. Quito. Obtenido de [https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte\\_inen\\_2204-2.pdf](https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_2204-2.pdf)

- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2017). *Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2204*. Quito. Obtenido de [https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte\\_inen\\_2204-2.pdf](https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_2204-2.pdf)
- Instituto Ecuatorino de Normalización. (2012). *Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 935:2012*.
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. (s.f.). *Los vehículos automotores como fuentes de emisión*. Recuperado el 2022, de <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/618/vehiculos.pdf>
- Jara, W., & Pineda, J. (2019). *Determinación de la demanda energética de vehículos motorizados ciclo otto pertenecientes a la subcategoría M1, para el servicio de taxi en la ciudad de cuenca*. Cuenca: Universidad Politecnica Salesiana. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/17954>
- KIA. (2019). *Ficha técnica Rio Sedan 2019*. Guayaquil.
- León, R., & Maldonado, J. (2018). *Identificación de patrones de fallas mecánicas mediante redes neuronales artificiales para el diagnóstico de motores de encendido provocado*. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana.
- Martínez, J. (Marzo de 2020). *Análisis de emisiones en vehículos a gasolinas mediante ciclos de prueba estático y dinámico en proceso de revisión técnica vehicular*. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/21551>
- Molina, V. (2007). *Motores de Combustión Interna*.
- MOTOR.ES. (7 de enero de 2022). *Factor Lambda*. Obtenido de <https://www.motor.es/ques/factor-lambda#:~:text=El%20factor%20Lambda%20es%20el,proporci%C3%B3n%20estequi%C3%A9trica%20de%20la%20mezcla>.
- NTE INEN, 2656. (2016). *Clasificación vehicular*. Quito: Servicio Ecuatoriano de Normalización.
- Núñez, C. (2018). *Estudio de emisiones de gases en vehículos a gasolina en la Universidad Técnica de Ambato campus Huachi*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato.
- OBDLink. (2020). *OBDLink*. Obtenido de OBDLink: <https://www.obdlink.com/products/obdlink-mxp/>
- Pacheco, M. (19 de marzo de 2019). *El consumo de la gasolina súper en Ecuador bajó al mínimo este 2019. El comercio*. Obtenido de <https://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/consumo-gasolina-super-minimo-transporte.html>
- Pérez, D. (2018). Estudio de emisiones contaminantes utilizando combustibles locales. *Revista de la Universidad Internacional del Ecuador*, 23-34.

- Primicias. (22 de agosto de 2020). *Demanda de gasolina Súper cae 8,2% tras la eliminación del subsidio*. Obtenido de <https://www.primicias.ec/noticias/economia/demanda-gasolina-super-subsidio-petroecuador/>
- Secundario , E. (2011). *Motores*. Macmillan Iberia , S. A.
- Servicio Ecuatoriano de Normalización INEN. (2022). *Misión y Valores Institucionales*. Obtenido de <https://www.normalizacion.gob.ec/mision-y-valores-institucionales/>
- Universo, E. (2021). *Los modelos de autos más vendidos en el país*. Guayaquil: Diario.
- Urgilés, L., & Erreyes, J. (2018). *Análisis de la influencia del combustible Ecopaís en emisiones contaminantes y prestaciones de un vehículo chevrolet grand vitara como prototipo en la ciudad de Cuenca*. Cuenca: Universidad Politecnica Salesiana.

# ANEXOS

## Anexo 1 Requisitos Específicos.

Requisitos	Unidad	Mínimo	Máximo	Método de ensayo
Número de octano Research (RON) <sup>a</sup>	--	87	--	NTE INEN 2102
Destilación: 10 %	°C	--	70	ASTM D86
50 %	°C	77	121	ASTM D86
90 %	°C	--	189	ASTM D86
Punto final	°C	--	220	ASTM D86
Residuo de destilación	% <sup>b</sup>	--	2	ASTM D86
Relación vapor – líquido a 60 °C	--	--	20	ASTM D5188
Presión de vapor	kPa	--	60	ASTM D323 ASTM D4953 ASTM D5191
Corrosión a la lámina de cobre (3 h a 50 °C)	--	--	1	ASTM D130
Contenido de gomas	mg/100 mL	--	3	ASTM D381
Contenido de azufre	% <sup>c</sup>	--	0,065	ASTM D2622 ASTM D4294 ASTM D5453
Contenido de aromáticos	% <sup>b</sup>	--	30	ASTM D1319
Contenido de benceno	% <sup>b</sup>	--	1	ASTM D3606 ASTM D5580 ASTM D6277 ASTM D6730
Contenido de olefinas	% <sup>b</sup>	--	18	ASTM D1319
Estabilidad a la oxidación	min	240	--	ASTM D525 ASTM D7525
Contenido de oxígeno	% <sup>c</sup>	--	2,7	ASTM D4815 ASTM D5845
Contenido de plomo	mg/L	--	No detectable	ASTM D3237 ASTM D5059 ASTM D5185
Contenido de manganeso	mg/L	--	No detectable	ASTM D3831 ASTM D5185
Contenido de hierro	mg/L	--	No detectable	ASTM D5185
NOTA. En el caso que las gasolinas contengan etanol anhidro la presión de vapor, este puede llegar hasta 62 kPa.				
<sup>a</sup> Para determinar el número de octano Research en ciudades de altura, se debe considerar la ecuación descrita en NTE INEN 2102.				
<sup>b</sup> % corresponde a fracción de volumen expresada en porcentaje.				
<sup>c</sup> % corresponde a fracción de masa expresada en porcentaje.				

Figura A 1 Tabla. Requisitos de la gasolina de 87 octanos (RON).

Requisitos	Unidad	Mínimo	Máximo	Método de ensayo
Número de octano Research (RON) <sup>a</sup>	--	92,0	--	NTE INEN 2102
Destilación: 10 %	°C	--	70	ASTM D86
50 %	°C	77	121	ASTM D86
90 %	°C	--	190	ASTM D86
Punto final	°C	--	220	ASTM D86
Residuo de destilación	% <sup>b</sup>	--	2	ASTM D86
Relación vapor – líquido a 60 °C	--	--	20	ASTM D5188
Presión de vapor	kPa	--	60	ASTM D323 ASTM D4953 ASTM D5191
Corrosión a la lámina de cobre (3 h a 50 °C)	--	--	1	ASTM D130
Contenido de gomas	mg/100 mL	--	4,0	ASTM D381
Contenido de azufre	% <sup>c</sup>	--	0,065	ASTM D2622 ASTM D4294 ASTM D5453
Contenido de aromáticos	% <sup>b</sup>	--	35,0	ASTM D1319
Contenido de benceno	% <sup>b</sup>	--	2,0	ASTM D3606 ASTM D5580 ASTM D6277 ASTM D6730
Contenido de olefinas	% <sup>b</sup>	--	25,0	ASTM D1319
Estabilidad a la oxidación	min	240	--	ASTM D525 ASTM D7525
Contenido de oxígeno	% <sup>c</sup>	--	2,7	ASTM D4815 ASTM D5845
Contenido de plomo	mg/L	--	No detectable	ASTM D3237 ASTM D5059 ASTM D5185
Contenido de manganeso	mg/L	--	No detectable	ASTM D3831 ASTM D5185
Contenido de hierro	mg/L	--	No detectable	ASTM D5185
<p>NOTA. En el caso que las gasolinas contengan etanol anhidro la presión de vapor, este puede llegar hasta 62 kPa.</p> <p><sup>a</sup> Para determinar el número de octano Research en ciudades de altura, se debe considerar la ecuación descrita en NTE INEN 2102.</p> <p><sup>b</sup> % corresponde a fracción de volumen expresada en porcentaje.</p> <p><sup>c</sup> % corresponde a fracción de masa expresada en porcentaje.</p>				

Figura A 2 Requisitos de la gasolina 92 octanos (RON).

Anexo 2 Procedimiento para conectar el equipo Brain Bee MGT-300 RPM Counter.

1. Colocar el cable estándar MGT – 300 EVO en la entrada estándar del equipo.



*Figura B 1 Ubicación del cable estándar MGT - 300 EVO.*

2. Conectar la sonda de temperatura ST – 010 en el conector TEMP del cable estándar.



*Figura B 2 Conexión de Sonda de temperatura ST- 010.*



3. Conectar el cable de la batería al cable estándar en el conector BAT



*Figura B 3 Conexión de cable de batería y estándar.*

4. Se coloca el equipo MGT – 300 en un sitio al alcance de la batería.



*Figura B 4 Colocación de equipo MGT-300.*

5. Conectar las dos pinzas del cable CA – 010 a los bornes de la batería del vehículo en prueba.



*Figura B 5 Conexión de pinzas a bornes de batería.*

6. Retirar el medidor de aceite que se encuentra en el motor con mucho cuidado y asegurarse que la sonda de temperatura esté completamente limpia.



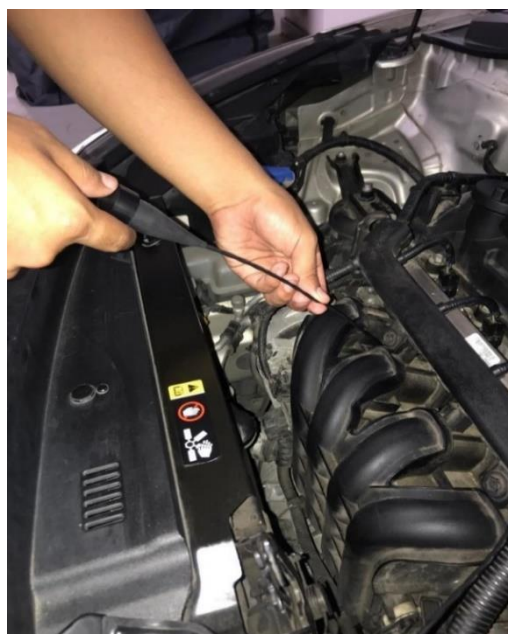
*Figura B 6 Retiro de medidor de aceite.*

7. Una vez limpio, medir el elemento de medición de aceite del vehículo y ajustar la sonda de temperatura a la misma altura del medidor de aceite.



*Figura B 7 Medición de aceite del vehículo.*

8. Colocar la sonda de temperatura al motor.



*Figura B 8 Colación de sonda de temperatura.*

9. Encender el vehículo.

10. Se realiza el ajuste correspondiente para el tipo de motor.

### Anexo 3 Partes Del Analizador De Gases.



Figura C 1 Vista Frontal Brain Bee Ags – 688.

1	Impresora térmica de 24 columnas
2	Panel de control de 13 botones
3	Display LCD retro - iluminados

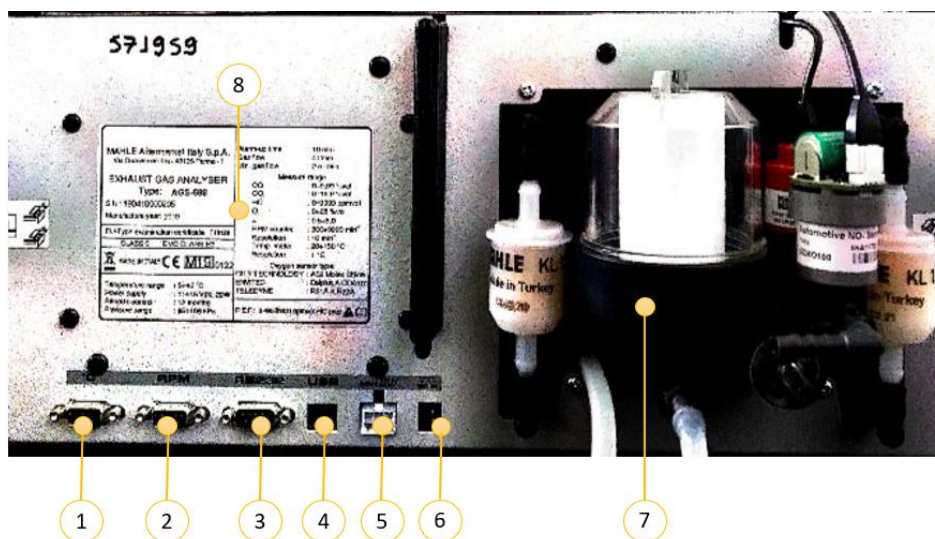


Figura C 2 Vista Posterior.

1	Entrada Sonda De Temperatura Aceite St - 050
2	Entrada Sensor Revoluciones Motor Cpi - 030
3	Puerto Comunicación Serial Rs - 232
4	Puerto Comunicación USB (Slave)
5	Puerto Comunicación Rs 485 Omnibus Y Alimentación 12vcc

6	ENTRADA ALIMENTACION AUXILIAR 12VCC
7	Grupo Neumático
8	Características Adhesivo

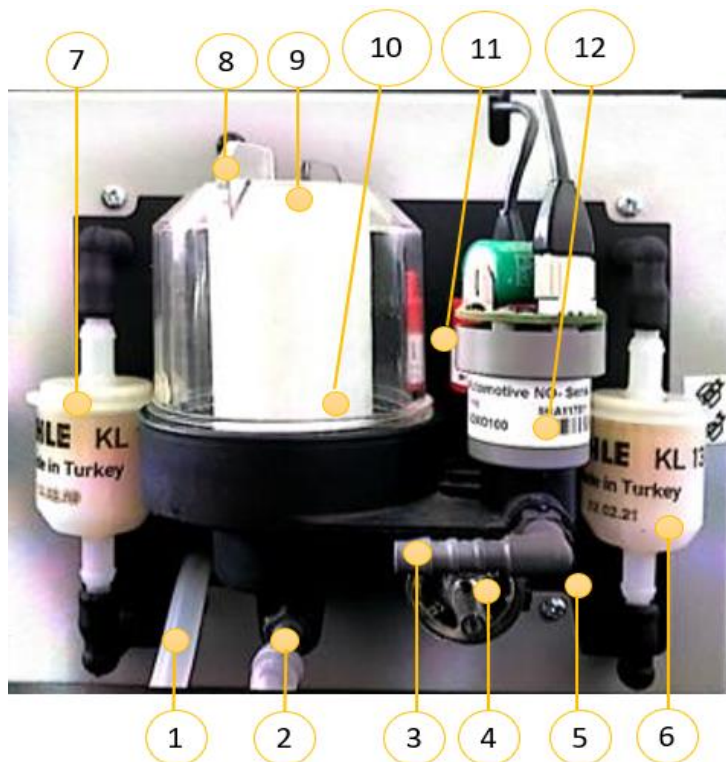


Figura C 3 Detalles Grupo Neumático.

1	<b>Salida Agua Condensada</b>
2	Entrada Gas
3	Salida Gas
4	Filtro Carbones Activos Para Entrada Aire Autocero
5	Entrada Bombona De Calibración
6	Filtro Circuito Gas
7	Filtro Circuito Agua
8	Contenedor Grupo Separador De Condensado
9	Filtro Coalescente
10	Filtro Red Interno
11	Sensor O2
12	Tapa Para Alojamiento Sensor NOx (Opcional)

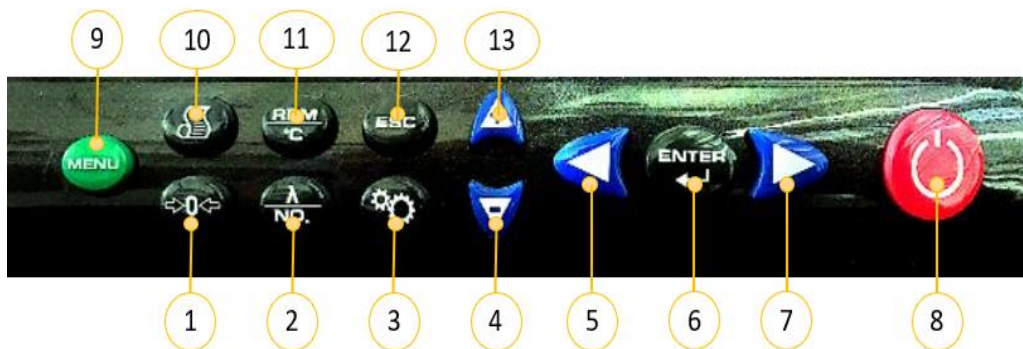


Figura C 4 Panel de Control.

1	Control Manual Autocero
2	Conmutación Visualización Lambda / NOx
3	Control De Configuración Parámetros De Prueba (Set)
4	Deslizamiento Vertical
5	Deslizamiento Horizontal
6	Control De Confirmación
7	Deslizamiento Horizontal
8	Control De Encendido On / Off
9	Control Para Volver Al Menú De Aplicaciones
10	Control Impresión Reporte
11	Conmutación Visualización Revoluciones/ Temperatura
12	Comando Para Salir De La Función O Regresar Al Menú Precedente
13	Deslizamiento Vertical

## Anexo 4 Proceso De La Interface.

### Interface Del OBDLink Mx+ Con El OBDwiz

1. Una vez conectado el dispositivo OBDLink Mx+ al vehículo, se procede a abrir el software OBDwiz para enlazar la comunicación con la ECU.
2. Luego se selecciona la opción de configuración, y después en la opción de conectar y por último verificamos en la parte inferior izquierda que la interfaz se encuentre terminada.

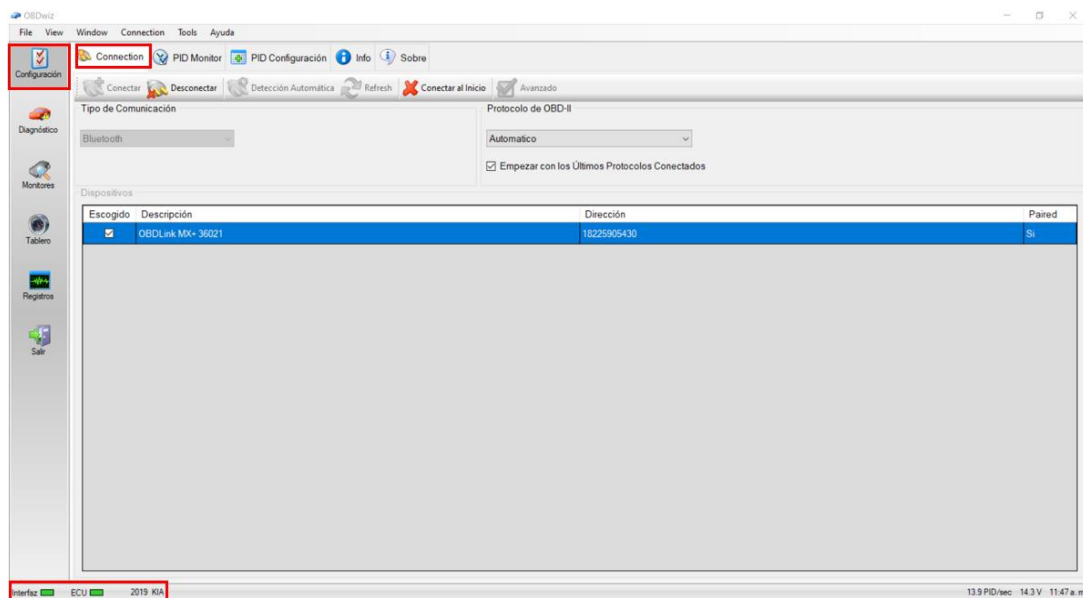


Figura D 1 Conexión del dispositivo OBDLink Mx+

3. El siguiente paso dentro de la opción diagnóstico podemos verificar si el vehículo presenta algún código de error, ya sea pendiente o almacenado.

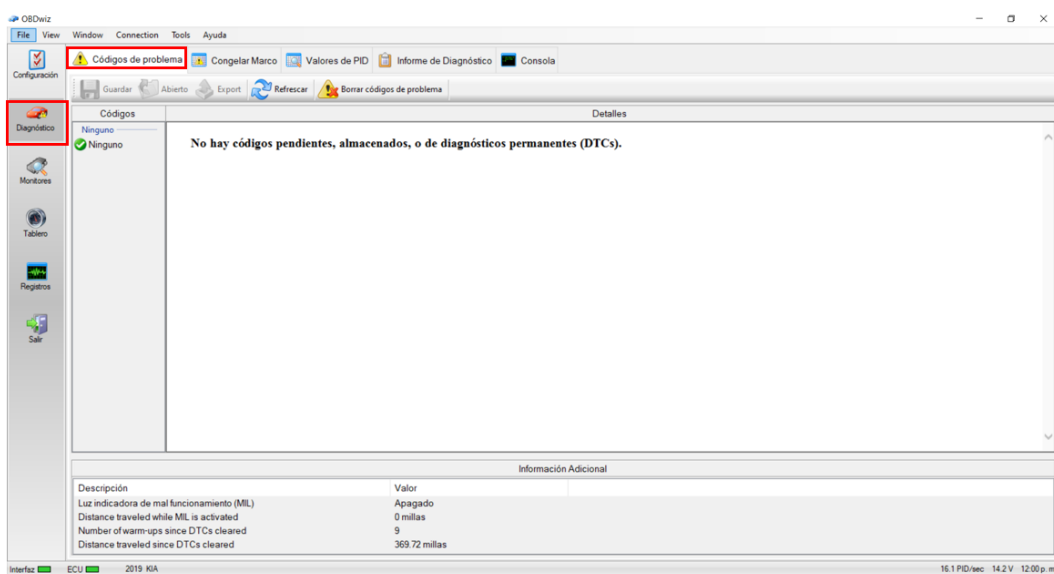


Figura D 2 Verificación de Código de error.

- Para poder verificar los datos y los valores en tiempo real, dentro de la misma opción de diagnóstico, se tiene la opción corresponde a valores PID damos clic izquierdo y ya podemos hacer lectura de sus valores.

PID	Module	Descripción	Valor	Unidades	Min	Media	Max
SAE 0x13	OBD2	Absolute load value	17.25	%	16.00	16.8	18.43
SAE 0x11	OBD2	Absolute throttle position	11.37	%	11.37	11.38	11.76
SAE 0x47	OBD2	Absolute throttle position B	11.76	%	11.37	11.72	12.94
SAE 0x49	OBD2	Accelerator pedal position D	14.9	%	14.9	14.9	14.9
SAE 0x4A	OBD2	Accelerator pedal position E	14.9	%	14.9	14.9	14.9
SAE 0x46	OBD2	Ambient air temperature	69.8	F	69.8	69.8	69.8
SAE 0x33	OBD2	Barometric pressure	29.83	inHg	29.83	29.83	29.83
SAE 0x04	OBD2	Calculated load value	20.78	%	19.22	20.11	21.96
SAE 0x3C	OBD2	Catalyst temperature (Bank 1 Sensor 1)	936.86	F	930.56	931.77	936.86
SAE 0x2E	OBD2	Commanded evaporative purge	10.59	%	10.59	10.59	10.59
SAE 0x4C	OBD2	Commanded throttle actuator control	1.18	%	1.18	1.19	1.57
SAE 0x42	OBD2	Control module voltage	14.39	V	14.06	14.29	14.42
SAE 0x31	OBD2	Distance traveled since DTCs cleared	369.72	millas	369.72	369.72	369.72
SAE 0x21	OBD2	Distance traveled while MIL is activated	0	millas	0	0	0
SAE 0x05	OBD2	Engine coolant temperature	213.8	F	206.6	209.84	213.8
SAE 0x0C	OBD2	Engine RPM	601	RPM	582.5	598.15	610
SAE 0x32	OBD2	Evap system vapor pressure	16.06	inH2O	16.06	16.06	16.06
SAE 0x2F	OBD2	Fuel level input	0	%	0	0	0
SAE 0x03	OBD2	Fuel system 1 status	Circuito cerrado, usl.		2	2	2
SAE 0x03	OBD2	Fuel system 2 status	Desconocido		0	0	0
SAE 0x44	OBD2	Fuel/Air commanded equivalence ratio	1		1	1	1
SAE 0x0E	OBD2	Ignition timing advance for #1 cylinder	3.5	deg	-1	2.32	6
SAE 0x0F	OBD2	Intake air temperature	140	F	140	140	140
SAE 0x0B	OBD2	Intake manifold absolute pressure	9.15	inHg	8.56	8.96	9.74
SAE 0x13	OBD2	Location of oxygen sensors	Banco 1, Sensor 1...		3	3	3

Figura D 3 Verificación de datos.

- Para poder hacer el registro y toma de datos de algunos sensores o valores en específicos, se hace lo siguiente:
  - Se presiona clic izquierdo en la opción Registro
  - Luego se selecciona la opción Registro de datos
  - En el apartado 3 se puede ver la descripción de todos los elementos que se le puede hacer lectura de datos y valores
  - En este apartado vamos a tener la selección de los elementos que se ha requerido tomarle lectura de datos
  - Y por último, cuando ya estén todos los elementos q se le requiera hacer lectura damos clic en la opción grabar y automáticamente se estará registrando los datos.



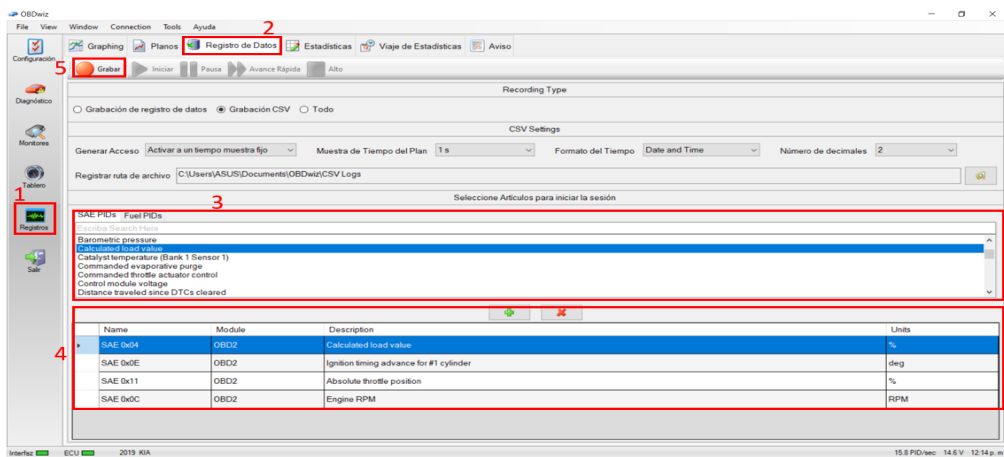


Figura D 4 Registro de formulario.

## Anexo 5 Umbrales De Emisiones De Gases.

En las siguientes tablas, se observan los límites según el instructivo de la revisión técnica vehicular (ATM).

DESCRIPCION UMBRAL	AÑO MODELO	CALIFIC. TIPO	UMBRAL	UNIDAD	CATEGORIA DE VEHICULO
HIDROCARBUROS NO COMBUSTIONADOS (HC) BAJA	2010 > X = < 2019	OK	0,01 > x = < 200,00	(ppm)	TODOS EXPT. MOTOS
HIDROCARBUROS NO COMBUSTIONADOS (HC) BAJA	2010 > X = < 2019	1	250,00 < x = > 200,01	(ppm)	TODOS EXPT. MOTOS
HIDROCARBUROS NO COMBUSTIONADOS (HC) BAJA	2010 > X = < 2019	2	300,00 < x = > 550,01	(ppm)	TODOS EXPT. MOTOS
HIDROCARBUROS NO COMBUSTIONADOS (HC) BAJA	2010 > X = < 2019	3	10000,00 < x > 550,01	(ppm)	TODOS EXPT. MOTOS
HIDROCARBUROS NO COMBUSTIONADOS (HC) BAJA	2000 > X = < 2009	OK	0,01 > x = < 250,00	(ppm)	TODOS EXPT. MOTOS
HIDROCARBUROS NO COMBUSTIONADOS (HC) BAJA	2000 > X = < 2009	1	300,00 < x = > 250,01	(ppm)	TODOS EXPT. MOTOS
HIDROCARBUROS NO COMBUSTIONADOS (HC) BAJA	2000 > X = < 2009	2	650,00 < x = > 300,01	(ppm)	TODOS EXPT. MOTOS
HIDROCARBUROS NO COMBUSTIONADOS (HC) BAJA	2000 > X = < 2009	3	10000,00 < x > 650,01	(ppm)	TODOS EXPT. MOTOS
HIDROCARBUROS NO COMBUSTIONADOS (HC) BAJA	1990 > X = < 1999	OK	0,01 > x = < 500,00	(ppm)	TODOS EXPT. MOTOS
HIDROCARBUROS NO COMBUSTIONADOS (HC) BAJA	1990 > X = < 1999	1	600,00 < x = > 500,01	(ppm)	TODOS EXPT. MOTOS
HIDROCARBUROS NO COMBUSTIONADOS (HC) BAJA	1990 > X = < 1999	2	1400,00 < x = > 600,01	(ppm)	TODOS EXPT. MOTOS
HIDROCARBUROS NO COMBUSTIONADOS (HC) BAJA	1990 > X = < 1999	3	10000,00 < x > 1400,01	(ppm)	TODOS EXPT. MOTOS
HIDROCARBUROS NO COMBUSTIONADOS (HC) BAJA	X = < 1989	OK	0,0001 > x = < 1100,00	(ppm)	TODOS EXPT. MOTOS
HIDROCARBUROS NO COMBUSTIONADOS (HC) BAJA	X = < 1989	1	1200,00 < x = > 1100,01	(ppm)	TODOS EXPT. MOTOS
HIDROCARBUROS NO COMBUSTIONADOS (HC) BAJA	X = < 1989	2	1500,00 < x = > 1200,01	(ppm)	TODOS EXPT. MOTOS
HIDROCARBUROS NO COMBUSTIONADOS (HC) BAJA	X = < 1989	3	10000,00 < x > 1500,01	(ppm)	TODOS EXPT. MOTOS

Figura E 1 Umbrales de emisiones de gases en ralentí HC

DESCRIPCION UMBRAL	AÑO MODELO	CALIFIC. TIPO	UMBRAL	UNIDAD	CATEGORIA DE VEHICULO
MONOXIDO DE CARBONO (CO) BAJA	2010 > X = < 2019	OK	0,01 > x = < 1,30	%	TODOS EXPT. MOTOS
MONOXIDO DE CARBONO (CO) BAJA	2010 > X = < 2019	1	1,50 < x = > 1,31	%	TODOS EXPT. MOTOS
MONOXIDO DE CARBONO (CO) BAJA	2010 > X = < 2019	2	2,80 < x = > 1,51	%	TODOS EXPT. MOTOS
MONOXIDO DE CARBONO (CO) BAJA	2010 > X = < 2019	3	100,00 < x > 2,81	%	TODOS EXPT. MOTOS
MONOXIDO DE CARBONO (CO) BAJA	2000 > X = < 2009	OK	0,01 > x = < 1,50	%	TODOS EXPT. MOTOS
MONOXIDO DE CARBONO (CO) BAJA	2000 > X = < 2009	1	1,70 < x = > 1,51	%	TODOS EXPT. MOTOS
MONOXIDO DE CARBONO (CO) BAJA	2000 > X = < 2009	2	4,00 < x = > 1,71	%	TODOS EXPT. MOTOS
MONOXIDO DE CARBONO (CO) BAJA	2000 > X = < 2009	3	100,00 < x > 4,00	%	TODOS EXPT. MOTOS
MONOXIDO DE CARBONO (CO) BAJA	1990 <= X <= 1999	OK	0,01 > x = < 4,50	%	TODOS EXPT. MOTOS
MONOXIDO DE CARBONO (CO) BAJA	1990 <= X <= 1999	1	5,00 < x = > 4,51	%	TODOS EXPT. MOTOS
MONOXIDO DE CARBONO (CO) BAJA	1990 <= X <= 1999	2	7,70 < x = > 5,01	%	TODOS EXPT. MOTOS
MONOXIDO DE CARBONO (CO) BAJA	1990 <= X <= 1999	3	100,00 > x < 7,71	%	TODOS EXPT. MOTOS
MONOXIDO DE CARBONO (CO) BAJA	X <= 1989	OK	0,01 > x = < 5,50	%	TODOS EXPT. MOTOS
MONOXIDO DE CARBONO (CO) BAJA	X <= 1989	1	6,00 < x = > 5,51	%	TODOS EXPT. MOTOS
MONOXIDO DE CARBONO (CO) BAJA	X <= 1989	2	9,00 < x = > 6,01	%	TODOS EXPT. MOTOS
MONOXIDO DE CARBONO (CO) BAJA	X <= 1989	3	100,00 < x > 9,01	%	TODOS EXPT. MOTOS

Figura E 2 Umbrales de emisiones de gases en ralentí CO

DESCRIPCION UMBRAL	AÑO MODELO	CALIFIC. TIPO	UMBRAL	UNIDAD	CATEGORIA DE VEHICULO
HIDROCARBUROS NO COMBUSTIONADOS (HC) ALTA	2010 > X = < 2019	OK	0,01 > x = < 200,00	(ppm)	TODO EXPT. MOTOS
HIDROCARBUROS NO COMBUSTIONADOS (HC) ALTA	2010 > X = < 2019	1	250,00 < x = > 200,01	(ppm)	TODO EXPT. MOTOS
HIDROCARBUROS NO COMBUSTIONADOS (HC) ALTA	2010 > X = < 2019	2	500,00 < x = > 250,01	(ppm)	TODO EXPT. MOTOS
HIDROCARBUROS NO COMBUSTIONADOS (HC) ALTA	2010 > X = < 2019	3	10000,00 < x > 500,01	(ppm)	TODO EXPT. MOTOS
HIDROCARBUROS NO COMBUSTIONADOS (HC) ALTA	2000 > X = < 2009	OK	0,01 > x = < 250,00	(ppm)	TODO EXPT. MOTOS
HIDROCARBUROS NO COMBUSTIONADOS (HC) ALTA	2000 > X = < 2009	1	300,00 < x = > 250,01	(ppm)	TODO EXPT. MOTOS
HIDROCARBUROS NO COMBUSTIONADOS (HC) ALTA	2000 > X = < 2009	2	550,00 < x = > 300,01	(ppm)	TODO EXPT. MOTOS
HIDROCARBUROS NO COMBUSTIONADOS (HC) ALTA	2000 > X = < 2009	3	10000,00 < x > 500,01	(ppm)	TODO EXPT. MOTOS
HIDROCARBUROS NO COMBUSTIONADOS (HC) ALTA	1990 > X = < 1999	OK	0,01 > x = < 500,00	(ppm)	TODO EXPT. MOTOS
HIDROCARBUROS NO COMBUSTIONADOS (HC) ALTA	1990 > X = < 1999	1	600,00 < x = > 500,01	(ppm)	TODO EXPT. MOTOS
HIDROCARBUROS NO COMBUSTIONADOS (HC) ALTA	1990 > X = < 1999	2	1200,00 < x = > 600,01	(ppm)	TODO EXPT. MOTOS
HIDROCARBUROS NO COMBUSTIONADOS (HC) ALTA	1990 > X = < 1999	3	10000,00 < x > 1200,01	(ppm)	TODO EXPT. MOTOS
HIDROCARBUROS NO COMBUSTIONADOS (HC) ALTA	X = < 1989	OK	0,0001 > x = < 1100,00	(ppm)	TODO EXPT. MOTOS
HIDROCARBUROS NO COMBUSTIONADOS (HC) ALTA	X = < 1989	1	1200,00 < x = > 1100,01	(ppm)	TODO EXPT. MOTOS
HIDROCARBUROS NO COMBUSTIONADOS (HC) ALTA	X = < 1989	2	15000,00 < x = > 1200,01	(ppm)	TODO EXPT. MOTOS
HIDROCARBUROS NO COMBUSTIONADOS (HC) ALTA	X = < 1989	3	10000,00 < x > 1500,01	(ppm)	TODO EXPT. MOTOS

Figura E 3 Umbrales de emisiones de gases en ralentí alto HC

Anexo 6 Temperaturas según pruebas experimentales.

En este anexo se adjunta los datos de la página donde se tomó en consideración las temperaturas durante las pruebas experimentales.

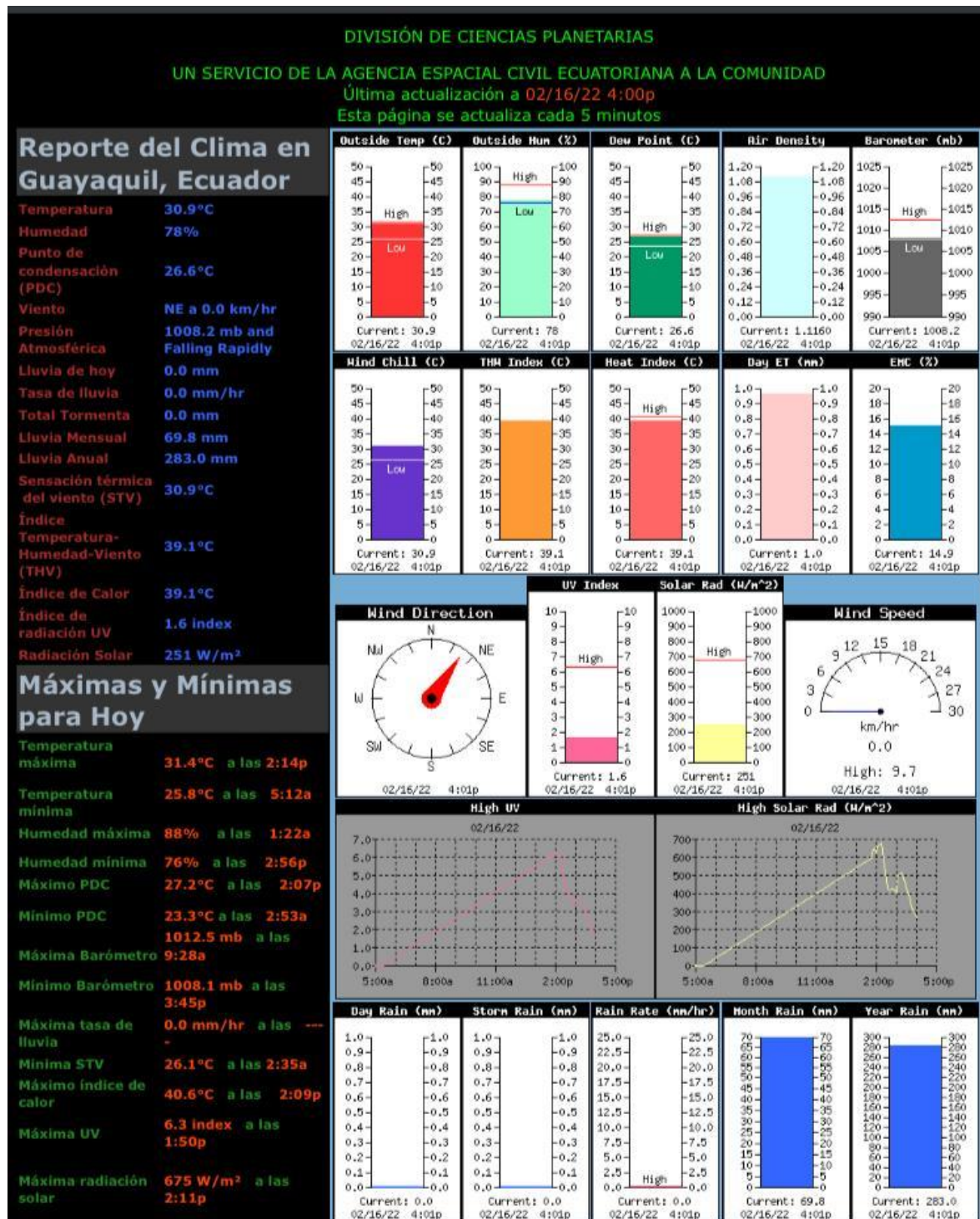


Figura F 1 Reporte del clima en Guayaquil.

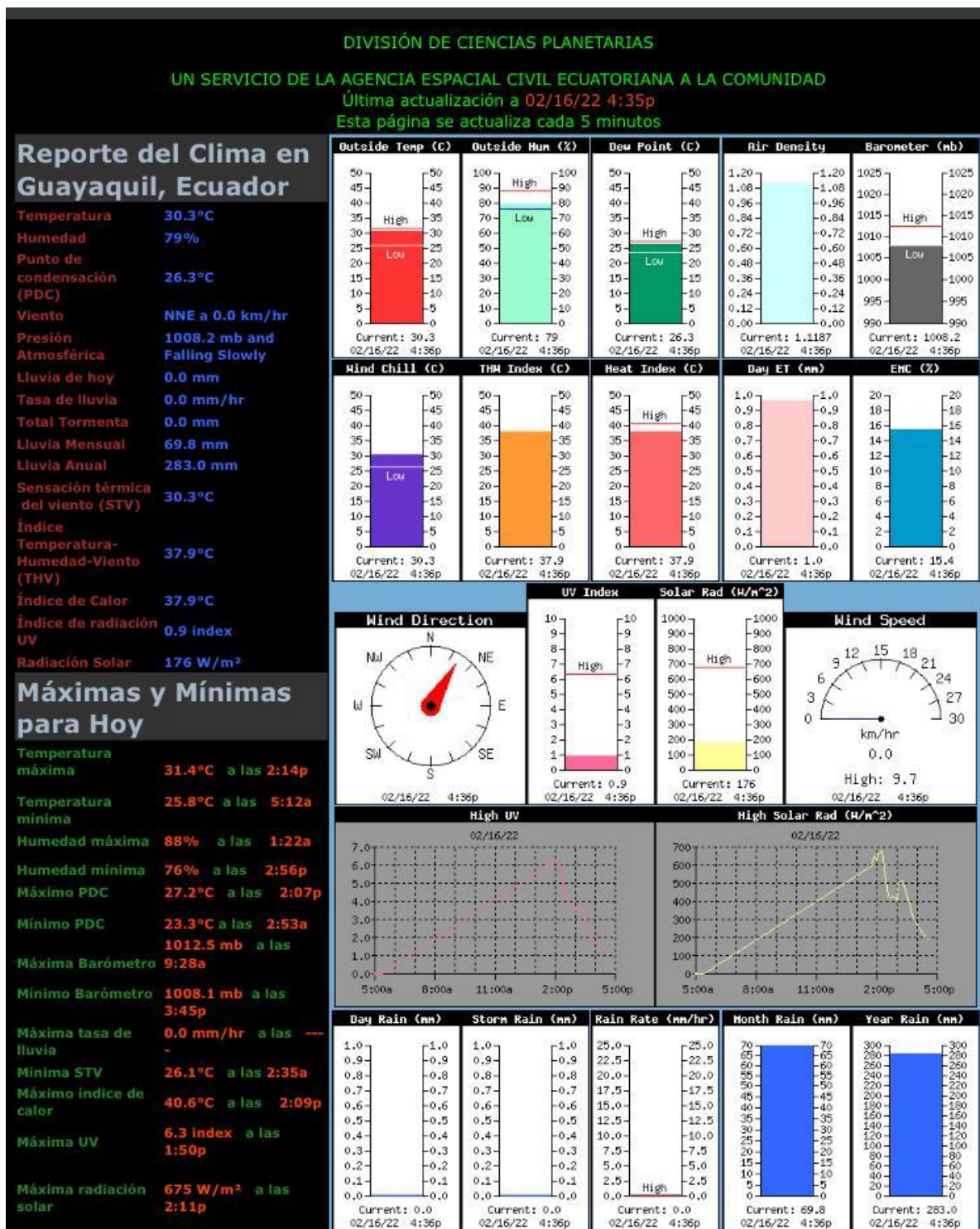


Figura F 2 Reporte del clima en Guayaquil.

## Anexo 7 Gráficas Finales De Superficie.

### GRÁFICA DE CO CON SUPER

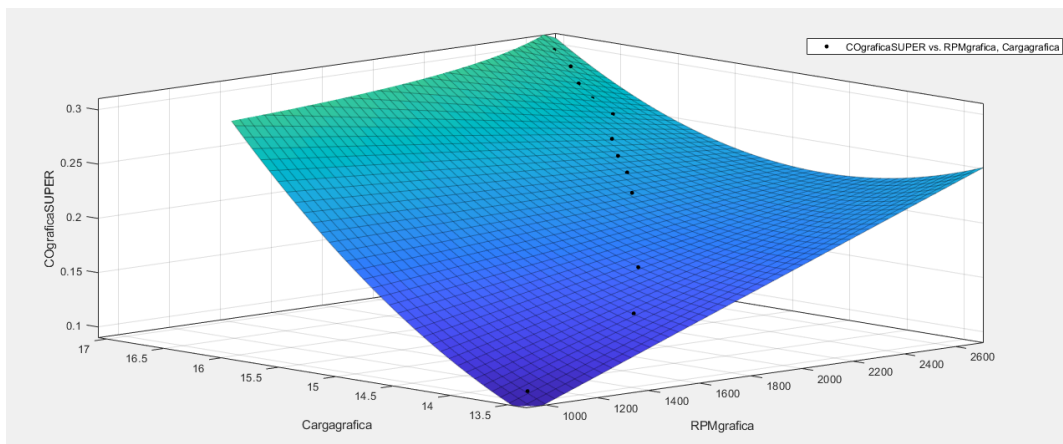


Figura G 1 Gráfica de CO con super.

### GRÁFICA DE HC CON SUPER

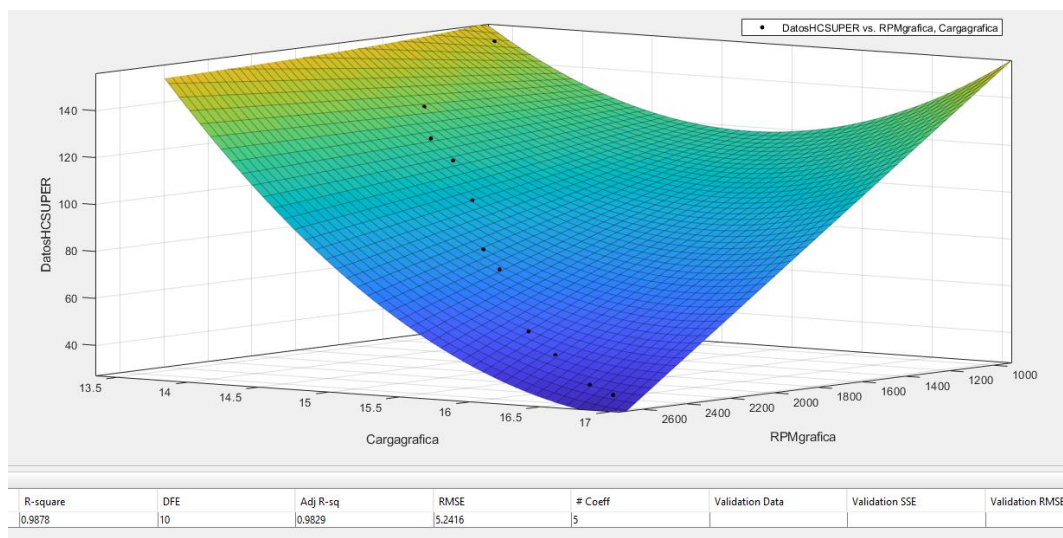


Figura G 2 Gráfica de Hc con Super.

## GRÁFICA DE CO2 CON SUPER

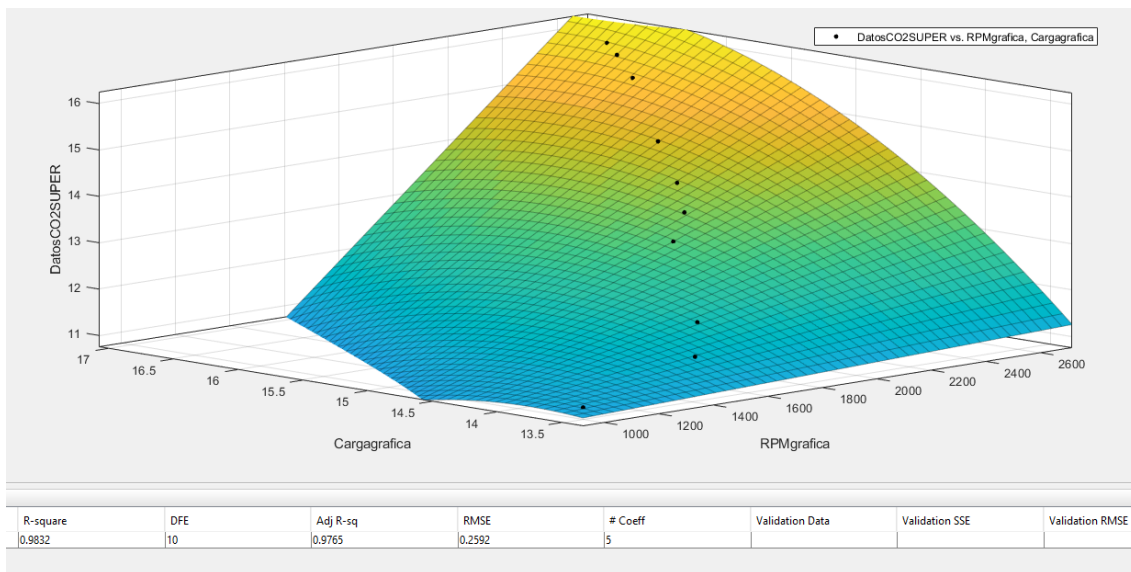


Figura G 3 Gráfica de CO2 con Super.

## GRAFICA DE CO CON ECOPAÍS

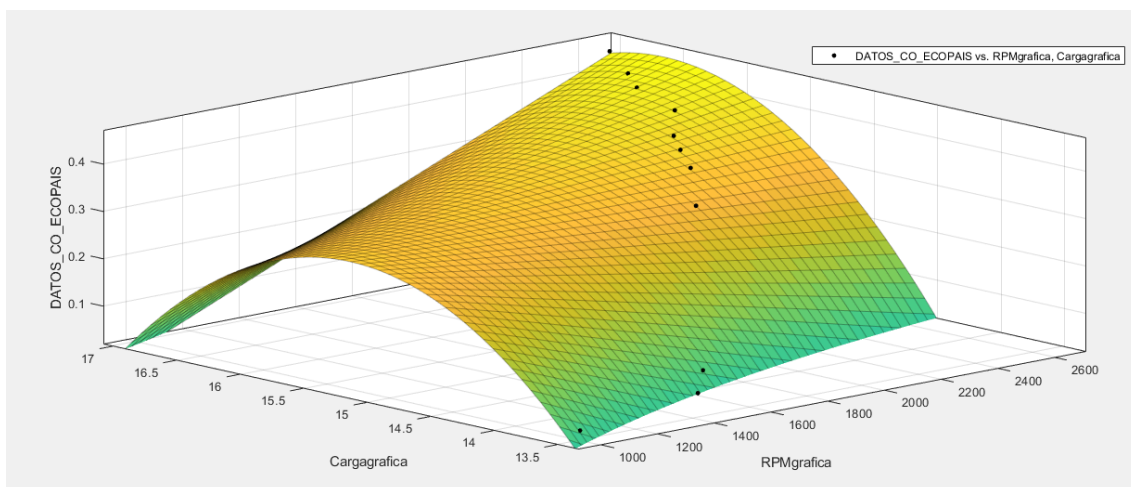


Figura G 4 Gráfica de CO con Ecopaís.

## GRAFICA DE HC CON ECOPAÍS

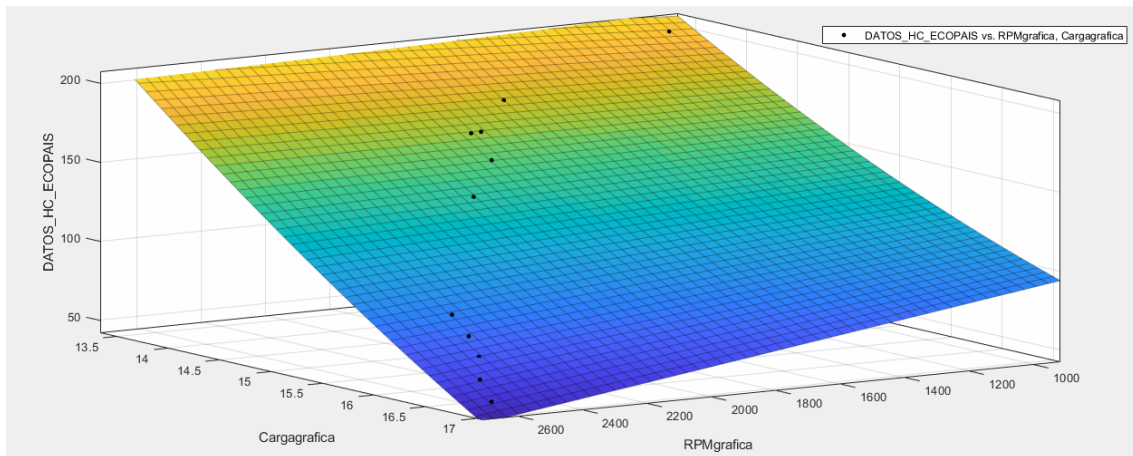


Figura G 5 Gráfica de HC con Ecopaís.

## GRAFICA DE CO2 CON ECOPAÍS

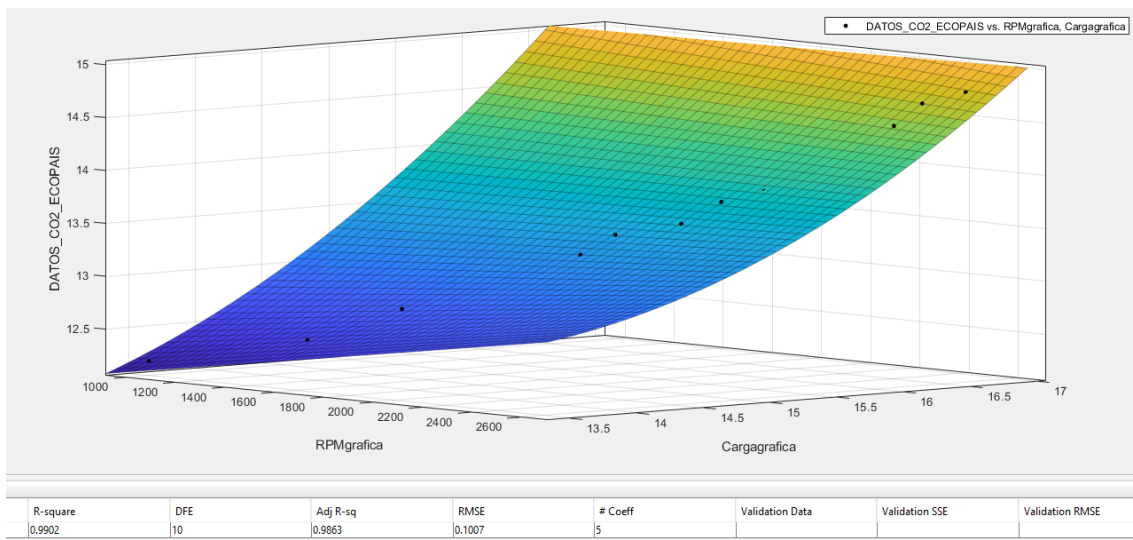


Figura G 6 Gráfica de CO2 con Ecopaís.



## GRAFICA DE CO CON MEZCLA

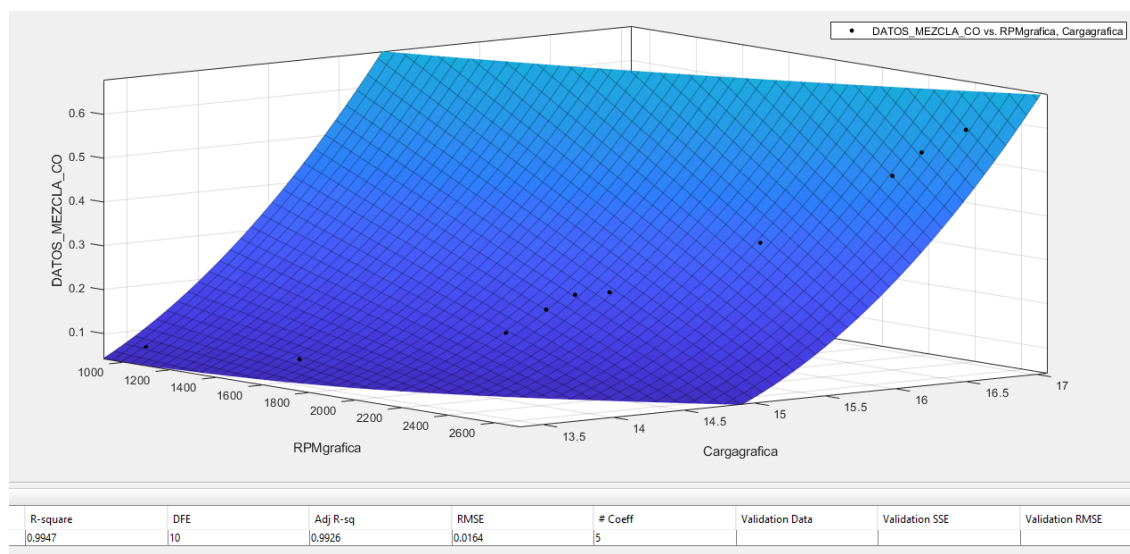


Figura G 7 Gráfica de CO con Mezcla.

## GRAFICA DE HC CON MEZCLA

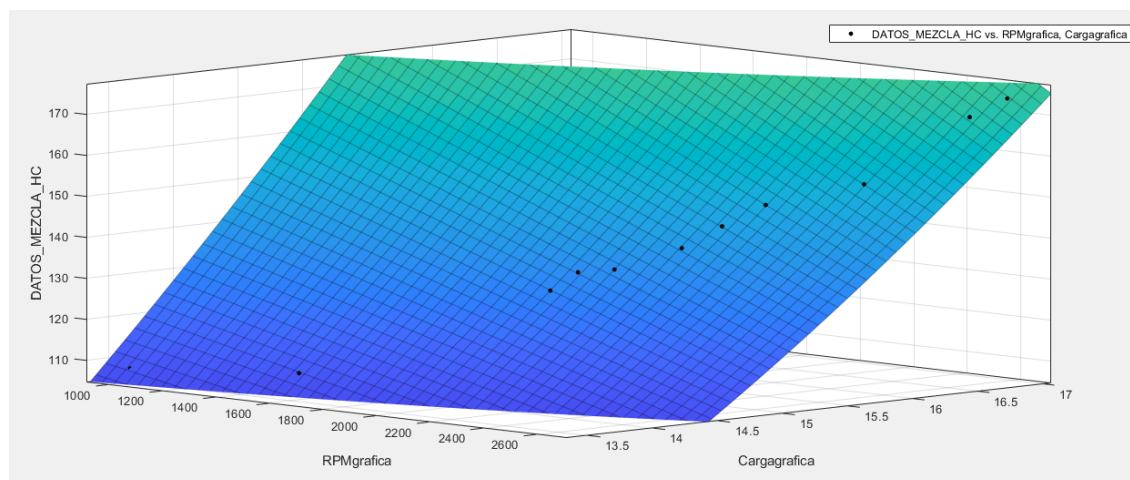


Figura G 8 Gráfica de HC con Mezcla.

## GRAFICA DE CO2 CON MEZCLA

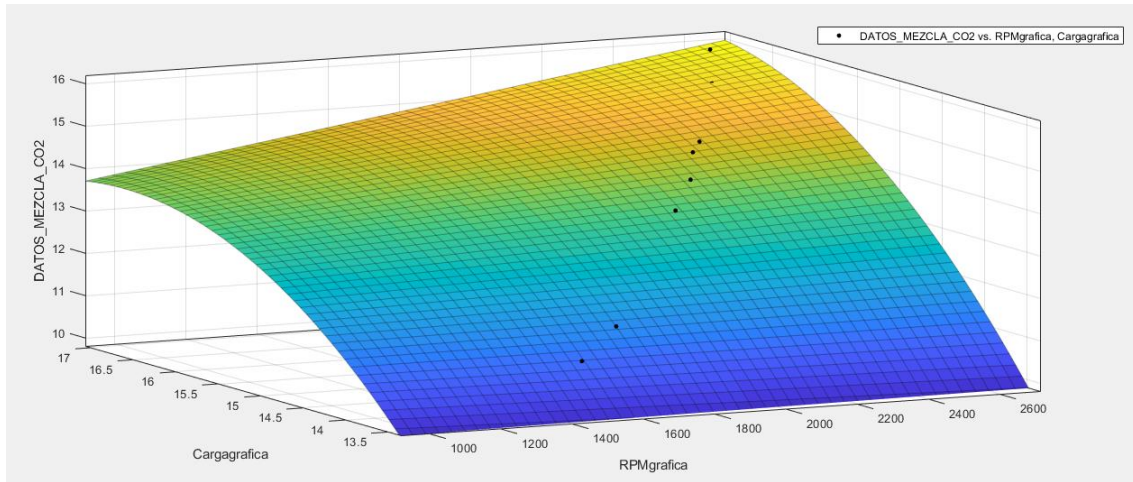


Figura G 9 Gráfica de CO2 con Mezcla.