



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

**DIAGNÓSTICO DE MOTORES DIESEL MEDIANTE ANÁLISIS DE
EMISIONES DE GASES**

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

AUTOR: CRISTIAN ELIECER ERAZO MORA

TUTOR: ING. CARLOS WLADIMIR ROCHE INTRIAGO, MSc.

Guayaquil-Ecuador

2022

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Cristian Eliecer Erazo Mora con documento de identificación N° 0950373860 manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo 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,



Cristian Eliecer Erazo Mora

0950373860

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

Yo, Cristian Eliecer Erazo Mora con documento de identificación No. 0950373860, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Proyecto Técnico: “Diagnóstico de motores diésel mediante análisis de emisiones de gases”, 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, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 25 de febrero del año 2022

Atentamente,



Cristian Eliecer Erazo Mora
0950373860

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Carlos Wladimir Roche Intriago con documento de identificación N° 0104025838, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DIAGNÓSTICO DE MOTORES DIÉSEL MEDIANTE ANÁLISIS DE EMISIONES DE GASES, realizado por Cristian Eliecer Erazo Mora con documento de identificación N° 0950373860, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 25 de febrero del año 2022

Atentamente,



Ing. Carlos Wladimir Roche Intriago, MSc.

0104025838

DEDICATORIA

Dedico con todo mi corazón a papa Dios y a mi madre Norma Mora, pues sin ella no lo habría logrado. Su bendición a diario a lo largo de mi vida me protege y me lleva por el camino del bien por eso le doy mi trabajo en ofrenda a la paciencia y el amor que siempre me brindas. Mi hermana Karla Erazo y a mi sobrina Luciana Erazo a quienes abrazo fuertemente y nos permitirnos decir LO LOGRAMOS.

PhD. Mary Vergara le dedico mi trabajo ya que es a usted quien quería expresarle mi gran admiración porque es una gran profesional y excelente ser humano. Es muy difícil ser docente y ser responsable por tantas personas a su cargo. Se debe ser un muy buen líder para llevar a cabo semejante tarea y usted lo hace de una manera impecable.

AGRADECIMIENTO

Primer lugar agradecido con el de arriba, papa Dios quien está conmigo para darme fortaleza y poder cumplir mis metas caminando por el bien tratando de mejorar cada día más. Agradezco a las personas que siempre creyeron en mí, a mi hermana Karla Erazo quien es un ejemplo para seguir enseñándome que si una persona cae es deber volver a levantarse, mi sobrina Luciana Erazo siendo mi principal motivación para ser una gran persona y excelente tío dándole excelentes ejemplos.

Agradezco a mi mama Norma Mora, que es una gran persona y siempre me ha dado valor para seguir adelante, estando siempre conmigo tanto en mis tristezas como en mis alegrías. Quiero manifestar sus características frases “mientras tú seas feliz yo también lo seré” y “lo que se empieza se termina”... Gracias Mama, la amo.

Quiero expresar mi gratitud a mis docentes: Ing. Renato Fierro, Ing. Carlos Roche, Ing. Andrés Ordoñez, Ing. Marcelo Berrones y al Ing. Angel Acosta quienes son grandes maestros quienes me acompañaron también como un amigo regalándome consejos útiles para la vida. En especial a la PhD. Mary Vergara siendo una de las personas que admiro y quien es mi inspiración tanto personal como profesional permitiéndome conocerla y poder crecer con sus sabios consejos y catedra. Mi gratitud con el PhD. (c) Néstor Rivera por brindarme su tiempo y enseñanza en motores.

Agradezco a mi segunda mami Flor Ortega y a mis hermanas Jocelyn, Nathaly y Connie quienes hacen que mi vida sea más bonita estando siempre a mi lado dándome su amor y apoyo tanto que las considero como la familia que me dio la vida. Debo darle las gracias a Amy San Andrés quien se ha convertido en una persona muy importante para mí y a una persona que en su momento me ayudo a salir de la deriva pudiendo así encontrar mi camino, gracias Sandy Suarez.

A mi primo Arturo Estupiñán y mi tío David Mora quienes me motivaron a seguir con la carrera brindándome sus conocimientos e invitándome a pasar tiempo con ellos dándome su apoyo incondicional. Agradezco a mi papa Lenin Erazo, mi hermano Lenin Jr. Erazo y a mi cuñada Cecilia Arteaga honrando las enseñanzas de mi madre teniendo paz en mi corazón.

Gracias totales.

RESUMEN

El trabajo presenta diagnósticos de fallas en la combustión de motores Diésel, mediante análisis de emisiones de gases emitidas por un motor, se le provocó distintas fallas durante su funcionamiento.

El analizador de gases ayudo con la recolección de valores de los gases contaminantes, los cuales fueron comparados con las emisiones en estado normal del motor, de esta manera obtener un resultado más concreto y disminuir la cantidad de contaminación teniendo un motor en mejor estado.

Como caso de estudio se evaluó un motor diésel Hyundai, en un banco de prueba (YESA-3230A) se tomó medición de los gases del escape en operación normal más sus respectivas fallas que provocadas.

Se presenta la descripción teórica de las características de un motor diésel, fallas dentro del motor, así como también toda la teoría relacionada a las emisiones de gases, a su vez se expuso los materiales a utilizar dentro del estudio.

Se presenta un diseño de experimentos indicando sus factores con los respectivos niveles teniendo en cuenta la aleatorización de los escenarios enfocándose en las variables de respuesta como la concentración de partículas y el valor K.

Por último, se describen los métodos que se utilizó en el proceso de adquisición de datos respecto al motor diésel, describiendo paso a paso y realizando sus respectivos análisis durante su funcionamiento normal y con fallos provocados.

Palabras claves: Emisiones, altos contaminantes, MCC, revoluciones del motor, inyectores, diseño factorial, factores, niveles, concentración de partículas, valor K

ABSTRACT

The present work aims to diagnose failures in the combustion of Diesel engines, through analysis of gas emissions emitted by an engine, it caused different failures during its operation.

The gas analyzer helped with the collection of values of the polluting gases, which were compared with the emissions in normal state of the engine, in this way obtaining a more concrete result and reducing the amount of pollution having an engine in better condition. As a case study, a Hyundai diesel engine was evaluated, in a test bench (YESA-3230A) measurement of exhaust gases in normal operation was taken plus their respective failures than caused.

The theoretical description of the characteristics of a diesel engine, failures within the engine, as well as the entire theory related to gas emissions is presented, in turn the materials to be used within the study were exposed.

A design of experiments is presented indicating their factors with the respective levels considering the randomization of the scenarios focusing on the response variables such as the concentration of particles and the K value.

Finally, the methods that were used in the data acquisition process with respect to the diesel engine are described, describing step by step and performing their respective analyzes during its normal operation and with caused failures.

Keywords: Emissions, high pollutants, MCC, engine revolutions, injectors, factor design, factors, levels, particle concentration, K value

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. CAPÍTULO	1
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Problema	1
1.2. Antecedentes	2
1.3. Objetivos	3
1.3.1. Objetivo general	3
1.3.2. Objetivo específico	3
2. CAPÍTULO	4
II: REVISIÓN DE LA LITERATURA O FUNDAMENTOS TEÓRICOS	4
2.1. Motor de encendido por compresión	4
2.2. Sistema de inyección por bombas rotativas	4
2.3. Consumo de aire	5
2.4. Ciclo diesel	5
2.5. Combustible	6
2.6. Emisiones de gases	7
2.7. Equipos	9
2.8. Normativa nte inen 2202:2013	12
2.9. Fallas en el motor	12
3. CAPÍTULO	14
III: MARCO METODOLÓGICO	14
3.1. experimentación y procesamiento de datos	14
3.2. métodos y técnicas de recopilación de datos empleadas	19
4. CAPÍTULO	26
IV. RESULTADOS	26
4.1. caracterización de fallos conforme las muestras del diseño de experimento y validación de datos mediante el uso de minitab®	26
4.1.1. determinación de emisiones patrones	26
4.2. características más representativas de las emisiones de gases	28
4.3. caracterización de fallos críticos en el motor	35
5. CAPÍTULO	40
V. DISCUSIÓN	40
Conclusiones	44
recomendaciones	46
Referencias	47
Anexo	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Bomba rotativa.....	4
Figura 2.2. Ciclo Diesel.....	6
Figura 2.3. Particula de hollin	8
Figura 2.4 Composicion de los gases de escape.....	8
Figura 2.5. Banco de pruebas YESA 3230 ^a	10
Figura 2.6. MAHA - MET 6.3.....	11
Figura 3.1. Esquema del proceso de un diseño de experimento.....	14
Figura 3.2. Diseño de dos factores (2 niveles del factor A, 3 niveles del factor B).....	15
Figura 3.3. Diseño de tres factores (2 niveles de cada factor).....	15
Figura 3.4. Reductores de área	18
Figura 3.5. Procedimiento a seguir para la obtención de datos de emisiones.	20
Figura 3.6. Banco de prueba YESA 3230 ^a	21
Figura 3.7. Menú de inicio MAHA (Diésel).	22
Figura 3.8. Sensor de revoluciones (MAHA).....	22
Figura 3.9. Sensor de temperatura del aceite.....	23
Figura 3.10. Sensor de emisiones	23
Figura 3.11. Grafica de todas las variables con eje de ordenadas ajustadas.....	24
Figura 3.12. Menú de elección de las variables a mostrar.....	24
Figura 3.13. Grafica de variables seleccionadas.....	25
Figura 3.14. Tabla de datos (Corrida del Diseño de Experimento).....	25
Figura 4.1. Diagrama de Pareto para Oxigeno	29
Figura 4.2. Grafica de residuos para Oxigeno.	29
Figura 4.3. Diagrama de Pareto para Concentración de Partículas Máximo.....	30
Figura 4.4. Grafica de residuos para Concentración de Partículas Máximo.	31
Figura 4.5. Diagrama de Pareto para Valor K Máximo.....	32
Figura 4.6. Grafica de residuos para Valor K Máximo	32
Figura 4.7. Diagrama de Pareto para Concentración de Partículas Máximo.....	33
Figura 4.8. Grafica de residuos para Concentración de Partículas Máximo.	34
Figura 4.9. Diagrama de Pareto para Valor K Máximo.....	35
Figura 4.10. Grafica de residuos para Valor K Máximo.	35
Figura 4.11. Grafica de variables en estado normal y en falla.	36
Figura 4.12. Grafica de variables en estado normal y en falla.	38
Figura 4.13. Grafica de variables en estado normal y en falla.	39
Figura 5.1. Grafica de contorno.....	40
Figura 5.2. Grafica de superficie..	41

Figura 5.3. Grafica de contorno.....	41
Figura 5.4. Grafica de superficie..	42
Figura 5.5. Grafica de contorno.....	43
Figura 5.6. Grafica de superficie..	43

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tabla de Límites máximos de opacidad	9
Tabla 2. Estimacion del nivel de riesgo por emisiones de motores de diesel.....	9
Tabla 3. Orden para la obtencion de muestras.....	16
Tabla 4. Factores y Niveles del diseño de experimento	17
Tabla 5. Variables de bloqueo en el diseño de experimento	19
Tabla 6. Datos del motor	20
Tabla 7. Condiciones del medio ambiente en ejecucion	21
Tabla 8. Emisiones patrón a ralenti	26
Tabla 9. Emisiones patron en 1415 RPM	27
Tabla 10. Emisiones patron en 2500 RPM	27
Tabla 11. Parametros de funcionamiento para pruebas normal y en falla.....	36
Tabla 12. Parametros de funcionamiento para pruebas normal y en falla.....	37
Tabla 13. Parametros de funcionamiento para pruebas normal y en falla.....	38

1. CAPÍTULO

I. INTRODUCCIÓN

Los motores diésel tienen una amplia gama de usos debido al menor costo operativo, eficiencia energética, alta durabilidad y confiabilidad. Aporta en el transporte comercial como en camiones, autobuses, trenes y barcos, así como en vehículos industriales todo terreno, como maquinaria y equipos de minería. Aunque tienen muchas ventajas, han tenido un impacto significativo en los problemas de contaminación ambiental. En particular, los gases de escape de diésel contienen alta cantidad de material particulado y emisiones de óxido de nitrógeno, que son causantes de serios problemas ambientales y de salud. (Reşitoğlu, 2015)

Actualmente, los motores de encendido por compresión tienen un papel importante en el mundo porque su uso ha dado lugar a múltiples áreas de actuación. El sistema de diagnóstico de fallas de dichos mecanismos permite identificar defectos en la etapa inicial, que, si no se abordan a tiempo, estos defectos pueden reducir significativamente la potencia del motor, provocando que el consumo de combustible aumente sin posibilidad de reparación. Existe la necesidad de desarrollar métodos de diagnóstico efectivos que puedan alertar al operador de inmediato ante los primeros signos de falla para que se puedan tomar acciones correctivas. El método de analizar las emisiones es un tipo de diagnóstico donde se obtienen los valores de cada gas contaminante utilizando el equipo ya que son diseñados para tomar lecturas precisas. (ORTEGA GUERRÓN & PUEDMAG CHUQUÍN, 2015)

1.1. PROBLEMA

Debido a las emisiones (óxidos de nitrógeno y partículas), los motores diésel han demostrado ser más contaminantes para el medio ambiente. A pesar de los efectos fatales sobre la salud y el medio ambiente, se siguen produciendo motores diésel.

Otra desventaja de los motores diésel es que son más pesados, requieren baterías más grandes, en ciertos motores, el mal estado de la bomba de vacío puede ocasionar un consumo desmesurado de aceite en el motor. (RODES, 2015)

Para el diagnóstico rápido de motores diésel se plantean hipótesis basadas en monitoreo visual y auditivo, en muchos casos no contempla para la toma de decisiones datos históricos, los cuales pueden ser claves en el momento de presentar los análisis de resultados.

1.2. ANTECEDENTES

El motor endotérmico es el principal sector que causa la contaminación ambiental y el cambio climático. La pronunciación de la prensa No 980 de la Organización Meteorológica Mundial expone que la concentración de CO_2 aumento desde 1970 hasta el 2014 un 41%. El dióxido de carbono es el resultado de la combustión de combustibles fósiles, junto está el monóxido de carbono concentrándose en la capa atmosférica. Estos gases son tóxicos para la salud humana. (Zambrano Ruano, Rossi Sosa, & Hernandez Gaitán, 2014)

El transporte es el segundo sector más grande que genera emisiones de dióxido de carbono a nivel mundial. Debido al rápido aumento de los vehículos de motor y al uso muy limitado de tecnologías de control de emisiones, el transporte se ha transformado en la fundamental fuente de contaminación del aire urbano, que es un importante problema de salud pública en la mayoría de las ciudades. Países en desarrollo.

Debido al crecimiento de la población en el país se ha venido dando el aumento de vehículos diésel conociendo que el uso de combustibles fósiles es perjudicial para el medio ambiente más la salud de los seres vivos como el cáncer se van regulando nuevas normativas tratando de reducir los números y recuperar nuestro ecosistema. Por eso es importante saber qué está ocurriendo en el interior del motor, ayudando a identificar velozmente inconvenientes de desgaste de los elementos del motor, así como la contaminación y degradación del aceite lubricante. (Reşitoğlu, 2015)

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

Determinar el diagnóstico de un motor diésel, a través de sus emisiones de escape definiendo el punto óptimo de funcionamiento en comparación con fallas provocadas para evaluar los diferentes niveles.

1.3.2. Objetivo específico

- Estudiar el funcionamiento de un motor Diésel y demás sistemas relacionados a las condiciones de estudio.
- Definir los métodos, equipos y sistema de trabajo en la toma de data del motor diésel.
- Considerar los diferentes tipos Diagnósticos que se puede llevar a cabo en cada sistema del motor que se está analizando.
- Verificar la mejor condición obtenida mediante la prueba de comparación.
- Adquirir la data de vibraciones del motor diésel y los gases emitidos en el múltiple de escape.
- Utilizar software y equipos adecuados para el procedimiento de la toma de data del motor y de esta misma manera retroalimentarnos sobre el funcionamiento de cada programa y equipo a utilizar.

2. CAPÍTULO

II: REVISIÓN DE LA LITERATURA O FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. MOTOR DE ENCENDIDO POR COMPRESIÓN

En el 1826 Rudolf Diésel creó un motor de encendido por compresión, lo cual reemplazaría el combustible derivado del petróleo para una menor contaminación.

El motor diésel es un motor de combustión interna y su encendido se logra producto de la compresión de aire, que a su vez eleva la temperatura, a diferencia del motor de gasolina este no requiere de una chispa para iniciar la mezcla. (Molina, 2017.)

En el motor diésel podemos encontrar los siguientes sistemas: (Kates & Luck, 2003)

- Sistema de lubricación
- Sistema de refrigeración
- Sistema de admisión y escape
- Sistema de inyección
- Sistema de distribución

2.2. SISTEMA DE INYECCION POR BOMBAS ROTATIVAS

Las bombas rotativas como se muestra en la figura (ver Fig. 2.1) se fundamentan en la acción de un exclusivo abastecedor giratorio que pone la cámara de compresión en comunicación con la aspiración y con la salida, alternativamente. El caudal se regula accionando una leva de disco que, en las bombas de émbolo exclusivo giratorio, desplaza alternativamente el propio abastecedor y que, en las bombas de émbolos opuestos, mueve los propios pistones. Mientras tanto que en el primer caso la carrera de retorno del componente de bombeo se crea por la acción de un muelle, en el segundo es la presión de presión de alimentación la que establece el retorno de los émbolos opuestos. (MORA VELASQUEZ, GONZALEZ GUALDRON, & VARGAS GOMEZ, 2015)



Figura 2.1. Bomba rotativa. Fuente: Autor

2.3. CONSUMO DE AIRE

El aire está sujeta a una presión atmosférica, la cual fuerza al aire a penetrar dentro de los cilindros de un motor de cuatro tiempos. Al momento que el pistón desciende este crea un vacío o depresión, con esto la presión que se encuentra dentro del cilindro desciende por debajo de la existente en la atmósfera exterior. La presión exterior empuja al aire hacia el interior del cilindro, llenándolo aproximadamente a la presión atmosférica de 1,00173 atm.

Si fuera mayor la presión exterior que la atmosférica, los cilindros estarían con mayor presión, por lo cual admitirían más entrada de aire en los cilindros. Esta técnicamente es la misión de los sobre alimentadores, incrementan la potencia del motor ingresando más aire dentro de los cilindros. (ed.), 1982)

2.4. CICLO DIESEL

El trabajo que realiza este tipo de motor Diésel a diferencia del motor de gasolina, la combustión ocurre gracias al aire comprimido en el interior de la cámara de combustión el cual llega a una temperatura elevada la cual nos permite la auto ignición del combustible.

Este proceso lleva las siguientes etapas representadas en la figura (ver Fig. 2.2):

a) Admisión E→A

El pistón baja con la válvula de admisión abierta, incrementando la proporción de viento en la cámara. Esto se modela como una extensión a presión constante (ya que al estar la válvula abierta la presión es igual a la exterior). (UNIVERSIDAD DE SEVILLA, 2021)

b) Compresión A→B

Dada la rapidez del proceso se implica que el viento no posee probabilidad de intercambiar calor con el ambiente, por lo cual el proceso es adiabático. Se modela como la curva adiabática reversible A→B, aunque en verdad no lo es por la existencia de componentes irreversibles como la fricción. (UNIVERSIDAD DE SEVILLA, 2021)

c) Combustión B→C

Al ser de más grande duración que la combustión en el periodo Otto, este paso se modela como una suma de calor a presión constante. Éste es el exclusivo paso en el cual el periodo Diésel se diferencia del Otto. (UNIVERSIDAD DE SEVILLA, 2021)

d) Expansión C→D

La alta temperatura del gas empuja al pistón hacia abajo, llevando a cabo trabajo sobre él. (UNIVERSIDAD DE SEVILLA, 2021)

e) Escape D→A y A→E

Se abre la válvula de huya y el gas sale, empujado por el pistón a una temperatura más grande que la inicial, siendo sustituido por la misma proporción de mezcla gélida en la siguiente admisión. Una vez que el pistón empuja el viento hacia afuera, con la válvula abierta, empleamos la isobara A→E, cerrando el periodo. (UNIVERSIDAD DE SEVILLA, 2021)

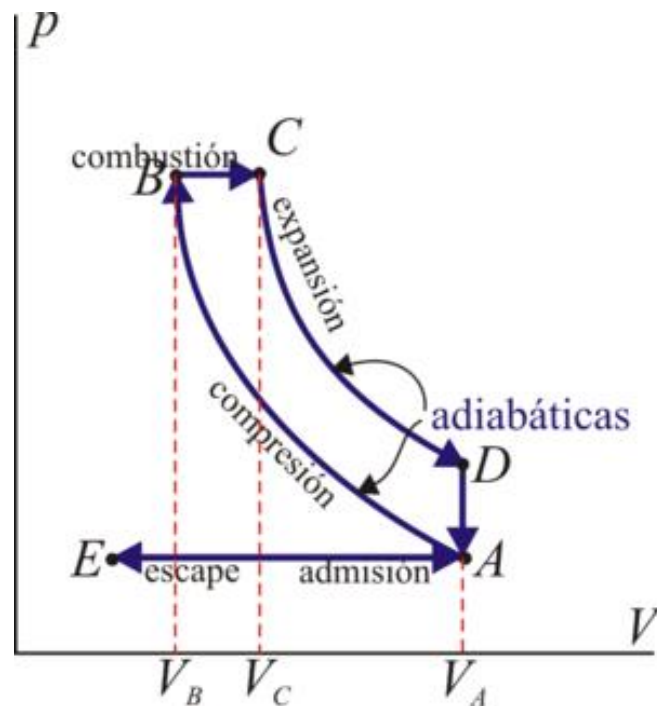


Figura 2.2. Ciclo diésel. Fuente: (UNIVERSIDAD DE SEVILLA, 2021)

2.5. COMBUSTIBLE

El diésel está compuesto en un 75% por hidrocarburos y el resto son hidrocarburos aromáticos. Su fórmula es $C_{12}H_{26}$, incluye otros hidrocarburos dependiendo de la pureza y finalidad de este. A continuación, las propiedades del diésel: (Menna, 2020)

- Color: Blanquecino o verdoso;
- Densidad: 850 kg/m³;
- Poder Calorífico: 8.800 kcal/kg.

La elaboración está basada en hidrocarburos y en el petróleo. Este no se mezcla con el etanol como es el caso de la gasolina, sin embargo, contiene ciertos aditivos que mejoran el rendimiento del motor. (Menna, 2020)

Características del diésel:

- Los hidrocarburos que contiene el diésel no son muy volátiles.
- Es aceitoso lo cual permite lubricar con facilidad las partes del motor.
- La fracción de gasoil cambia de un lugar a otro de acuerdo con estándares nacionales y al petróleo que se usa como materia prima.
- En el diésel el índice que nos ayuda a determinar la volatilidad y flamabilidad del combustible es el número de cetanos.

2.6. EMISIONES DE GASES

Dentro del proceso de medición de emisiones de gases, se encontró acerca de sus normativas generales y dentro del Ecuador. La norma europea regula las emisiones de los vehículos ya que la inquietud sobre proteger el medio ambiente creció alrededor de los óxidos de nitrógeno (NOx) y a los materiales particulados (PM) realizados por los carros y camiones.

El uso del diésel en Ecuador en comparación con el uso de motores en Europa es muy poco el uso de los vehículos diésel los cuales podemos dividir en dos grupos: ligeros y pesados. En el Ecuador rige la norma “GESTIÓN AMBIENTAL. AIRE. VEHÍCULOS AUTOMOTORES. DETERMINACIÓN DE LA OPACIDAD DE EMISIONES DE ESCAPE DE MOTORES DE DIESEL MEDIANTE LA PRUEBA ESTÁTICA. MÉTODO DE ACELERACIÓN LIBRE”. (INEN, 2013)

MATERIAL PARTICULADO (HOLLÍN)

Los gases de escape de los motores diésel, aparte de las sustancias perjudiciales ya conocidas, tienen dentro emisiones sólidas denominadas hollín. Se comprueba que el motor diésel aun sin catalizador de gases alcanza valores más bajos de CO y HC, en lo que las concentraciones de NOx son semejantes en ambos tipos de motores. (ORTEGA GUERRÓN & PUEDMAG CHUQUÍN, 2015)

La partícula hollín se estructura con un núcleo considerándose este inofensivo para la salud humana, en cuanto los hidrocarburos son tóxicos con olor desagradable. Al núcleo del hollín se le adhieren componentes como: (Ver Fig. 2.3)

- Hidrocarburos (HC)
- Agua
- Sulfato (SO_4)
- Azufre y de más óxidos metálicos

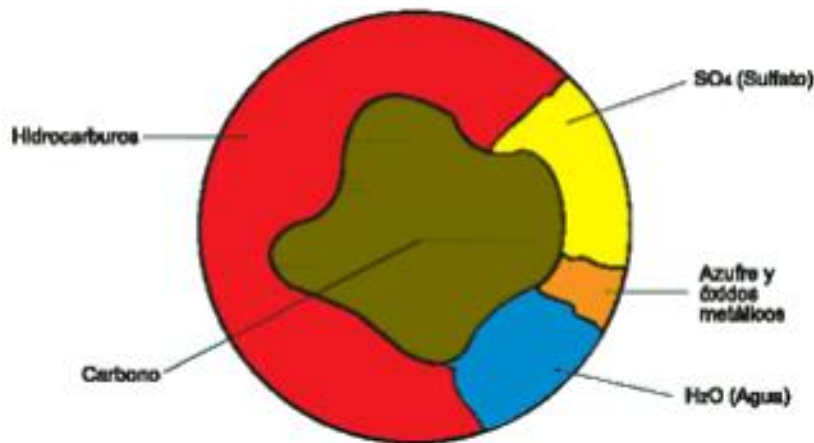


Figura 2.3. Partícula de hollín. Fuente: (ORTEGA GUERRÓN & PUEDMAG CHUQUÍN, 2015)

Debido a que los óxidos de nitrógeno (NO_x) y las partículas (PM) producidos por automóviles y camiones han despertado la atención de la gente hacia la protección del medio ambiente, por estas razones, la Unión Europea (UE) decidió en 1994 introducir un conjunto de estándares llamados Normas EURO. Actualmente, EURO 6 es el estándar más reciente, que se lanzó el 1 de septiembre de 2015. (Vargas, 2017)

En la figura (ver Fig. 2.4) se expone la distribución de los resultados por la combustión como: Dióxido de carbono, nitrógeno y agua. Se observa la inclusión de los contaminantes gaseosos, partículas y humos. La presencia del nitrógeno se debe que el aire es el comburente en los motores de encendido por compresión. (MAFLA ALVEAR & ORTIZ GUACHAMIN, 2007)

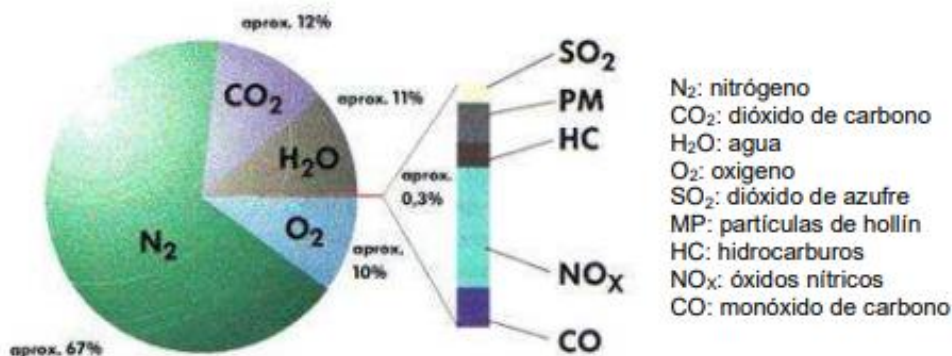


Figura 2.4. Composición de los gases de escape. Fuente: (MAFLA ALVEAR & ORTIZ GUACHAMIN, 2007)

LÍMITES DE OPACIDAD PERMITIDOS EN EL ECUADOR

El parámetro está regulado por la norma NTE INEN 2207” GESTION AMBIENTAL. AIRE. VEHICULOS AUTOMOTORES. LIMITES PERMITIDOS DE EMISIONES PRODUCIDAS POR FUENTES MOVILES TERRESTRES DE DIESEL” donde indica la metodología a seguir y tomar las medidas apropiadas. Los límites establecidos por año y porcentaje de opacidad se indican en la tabla 1. (INEN, 2002)

Tabla 1. Tabla de Límites máximos de opacidad. Fuente: (INEN, 2002)

AÑO / MODELO	% OPACIDAD
2000 y posteriores	50
1999 y anteriores	60

En los motores diésel se pueden estimar riesgos de diferentes niveles de gravedad por medio de las emisiones tal como se presenta en la tabla. (ver Tabla 2)

Tabla 2. Estimación del nivel de riesgo por emisiones de motores de diésel. Fuente: (Tamés, 2013)

Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Elevado
Humo no visible	En ocasiones blanco, azul o negro	Siempre humo blanco, azul o negro
Sin depósito de hollín	Deposito visible en ciertas zonas	Fuerte deposito, sobre todo en zonas próximas a puntos de emisión
Sin referencias de irritación	Algún caso de irritación	Referencias de irritación generalizadas
CO2 << 1000 ppm	CO2 del orden de 1000 ppm	CO2 > 1000 ppm
Control correcto	No parecen eficaces los controles	Control inadecuado. Decidir la estrategia del control

2.7. EQUIPOS

• MOTOR HYUNDAI D4BB

El objeto de pruebas a utilizar para la investigación es un motor diésel D4BB marca Hyundai HD45 tiene un tiene 45 HP en 1800 rpm y 17 kg*m de torque. Eso es suficiente para una velocidad máxima de 114 kph. (Comercial, 2021)

Característica del banco de prueba (YES01) (Ver Fig. 2.5)

- Equipo de montaje y desmontaje del motor Diésel que está equipado con panel de combustible, enfriamiento, admisión y escape para que permita la capacitación teórica y experimentos.
- Fácil de verificar y diagnosticar todas las fallas que pueden ocurrir en un sistema de vehículo real para que pueda realizar una educación efectiva sobre sistema de mantenimiento.
- Entrenamiento rápido y sistemático con soporte giratorio de 360 grados.
- El silenciador de escape está especialmente diseñado con pintura resistente al calor para mantenerse a altas temperaturas de hasta 600 °C. (Catalog, 2015)



Figura 2.5. Banco de pruebas YESA 3230^a. Fuente: Autor

- **MEDIDOR DE GASES**

Un medidor de gas, también conocido como medidor de opacidad u opacímetro, es un dispositivo utilizado en la industria automotriz para evaluar la cantidad de humo emitido por los gases de escape en vehículos diésel. Los medidores transmisores controlan las emisiones de diésel y consisten en una cámara de medición formada internamente por un transmisor y un receptor de luz. (Reynasa, 2020)

Por lo tanto, cuando los gases de escape se recirculan en la cámara de medición, el haz de luz emitido que llega al receptor será absorbido dependiendo de la cantidad de "ennegrecimiento" del humo. Esta reducción del brillo es posible gracias a la medición del porcentaje de gases de combustión y los resultados de la prueba, el valor actual del coeficiente de absorción de luz reglamentario, expresado en K, obtenido mediante cálculos logarítmicos apropiados en m^{-1} . (Reynasa, 2020)

Antes del inicio de la medición de la opacidad del coche diésel, hay que cerciorarse de que el motor ha de estar en perfectas condiciones de funcionamiento, para lo que se debe comprobar:

- Estado del motor detenido:

Considerar el nivel indicado de aceite del motor.

La temperatura normal de funcionamiento de este a unos 80°C aproximadamente.

Que no existan fugas de líquidos como aceite, refrigerante.

El correcto estado de las correas de distribución y auxiliares.

- Estado del motor en funcionamiento:

Correcta presión del aceite y estanqueidad de la instalación de los gases de escape, ya que durante la prueba deben realizarse varias aceleraciones continuadas, de ralentí hasta el régimen de desconexión de la inyección.

El valor límite de gases para vehículos diésel es el indicado en la placa del fabricante o etiqueta específica. Pero en caso de no disponer de este valor, se establece el límite según se indica a continuación: (Reynasa, 2020)

- Para vehículos matriculados a partir del 1 de julio de 2008 es de 1,5 m-1. (Euro 5).
- Para vehículos matriculados antes de 2008 el límite está:
- En 2,5 m-1 para los motores atmosféricos.
- En 3 m-1 para los turboalimentados. (Euro 4).
- Para nuevos vehículos con niveles de emisión en tarjeta ITV y Euro VI, el límite se rebaja a 0,7 m-1.
- **MAHA 6.3. (Ver Fig. 2.6)**

Este dispositivo de medición de gases se utiliza para la medición de gases de escape en vehículos de Diésel y gasolina. El MET 6.3 cuenta con un separador de agua activo, que impresiona con su innovadora tecnología de separación de condensados.

Es de fácil manejo por su corto tiempo de calentamiento y contiene una sonda de 2 m de longitud para los dos tipos de motores.

Facilita el análisis EOBD y la separación de condensados con separador de agua activo, incluye medidor de opacidad/partículas.

Aparte de un software de control y medición MET continuo, sin procedimientos específicos para cada país. (Haldenwang, n.d.)



Figura 2.6. MAHA - MET 6.3. Fuente: (Haldenwang, n.d.)

- **Minitab®**

Minitab® proporciona herramientas precisas y fáciles de usar para aplicaciones estadísticas generales, especialmente control de calidad. En un entorno cambiante, en constante proceso de evolución, la investigación debe evaluar todos los aspectos relacionados con su proceso. Así, las herramientas estadísticas permiten una mejor comprensión de la información contenida en los datos a través de métodos y procedimientos de recolección, análisis e interpretación. El uso de software estadístico ahorra mucho tiempo, precisión y calidad de las representaciones gráficas. La confiabilidad de los algoritmos estadísticos y la combinación de potencia y simplicidad del procesamiento lo convierten en una base sólida para el análisis de datos. (addlink, 2021)

2.8. NORMATIVA NTE INEN 2202:2013

Las normativas vigentes en el Ecuador indican la regulación de los gases de escape permitidos en vehículos que trabajan con combustibles derivados del petróleo o fósiles. Esta norma establece el método de ensayo para determinar el porcentaje de opacidad de las emisiones de escape de las fuentes móviles con motor de diésel mediante el método de aceleración libre. Esta norma se aplica a los vehículos automotores cuyo combustible es diésel. (2202:2013, 2013)

2.9. FALLAS EN EL MOTOR

La investigación se basa en las condiciones ambientales dentro de la ciudad de Guayaquil, republica de Ecuador.

Evaluar los principales diagnósticos de fallas de dichos mecanismos para identificar defectos que si no se abordan a tiempo pueden provocar que el consumo de combustible. Se empleó un análisis de los principales factores que llegan a generar más contaminantes en el motor diésel.

Emplear una toma de datos de emisiones para cada falla generada en el motor y de esta manera analizar en comparación al estado normal y así llegar a una conclusión de cuáles son las más perjudiciales para el motor y el medio ambiente.

Para la toma de datos de la investigación, se inspecciono los sistemas de: admisión de aire, escape de los gases y combustible, para esto también se exploró referente a las diferentes anomalías más comunes que se presentan en los motores diésel, tales como:

- Baja presión de compresión
- Inyección prematura del combustible

- Retardo del tiempo de la inyección del combustible
- Baja presión en la inyección
- Inyección excesiva de combustible

Para el proceso de la investigación en el banco de pruebas, se generaron fallas en el motor en los sistemas ya mencionados, se registra el control de los gases que emite y así constatar cuál de las fallas provocadas contamina en mayor cantidad debido a las emisiones que provoca el motor.

3. CAPÍTULO

III: MARCO METODOLÓGICO

3.1. EXPERIMENTACION Y PROCESAMIENTO DE DATOS

EMISIONES DE GASES

Son gases producidos por la combustión interna de un motor, tales como: monóxido de carbono (CO), hidrocarburos no quemados (HC), óxidos de nitrógeno (NOx), óxidos (SO₂) y ácido sulfúrico. Los niveles de todos estos compuestos dependen del estado químico de la combustión. La principal fuente de emisiones de escape son los gases de escape y el sistema de ventilación secundario: el cárter y el tanque de combustible. (MAFLA ALVEAR & ORTIZ GUACHAMIN, 2007)

Los motores diésel emiten productos prácticamente libres de monóxido de carbono, pero contienen grandes cantidades de hidrocarburos sin quemar. El humo se define como partículas sólidas o líquidas de menos de 0,1 micras de tamaño suspendidas en el aire de escape que oscurecen la luz. El color y el tamaño del humo son principalmente indicadores del funcionamiento normal del motor y de las condiciones generales de conducción, así como indicadores de la calidad de la combustión. (MAFLA ALVEAR & ORTIZ GUACHAMIN, 2007)

DISEÑO DE EXPERIMENTO

El diseño de experimentos es en esencia un plan para la planeación de experimentos como se observa en la figura (ver Fig. 3.1) de forma tal que las conclusiones importantes sean alcanzadas en forma eficiente y económica. La selección del proyecto empírico específico depende del tipo de cuestiones a ser respondidas, el nivel de generalidad a vincularse a las conclusiones y los recursos accesibles (material empírico, personal, tiempo). Un experimento diseñado y ejecutado apropiadamente posibilita en forma fácil un estudio estadístico y la interpretación de los resultados. (Napolitano, 2010)

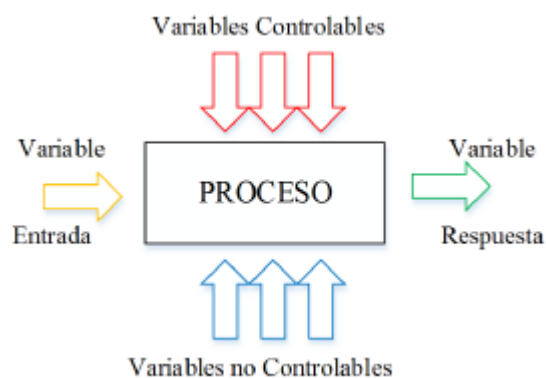


Figura 3.1. Esquema del proceso de un diseño de experimento. Fuente: (M, 2008)

- **ELECCIÓN DEL DISEÑO EXPERIMENTAL**

DISEÑO FACTORIAL

Considerando que los métodos de investigación tradicionales son estadísticamente fáciles de operar, por lo que generalmente se investiga el efecto de una variable a la vez. Sin embargo, en muchos casos, los dos factores pueden ser interdependientes, y tratar de analizarlos de la manera tradicional es un poco más complejo.

En esta investigación se utilizó el diseño factorial para evaluar tres factores donde en dos de ellos se tendrán tres niveles (máximo, medio, mínimo) y en el restante se mantendrá de dos niveles (máximo, mínimo).

Usar el diseño factorial (ver Fig. 3.2, 3.3) se requieren pruebas de en el objeto de estudio para probar el efecto de las variables. Los experimentos factoriales permiten manipular sutilmente una gran cantidad de variables. Este método tiene sus limitaciones, pero puede ser útil para una investigación más eficiente y para revelar las variables más significativas. (Minitab, LLC., 2022)

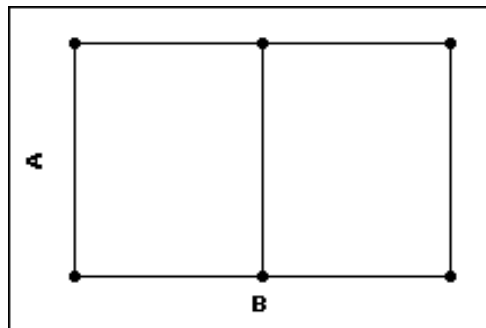


Figura 3.2. Diseño de dos factores (2 niveles del factor A, 3 niveles del factor B) Fuente: (Minitab, LLC., 2022)

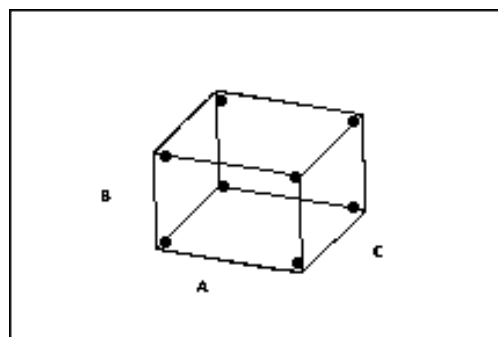


Figura 3.3. Diseño de tres factores (2 niveles de cada factor) Fuente: (Minitab, LLC., 2022)

Los diseños factoriales completos se trata de realizar todas las combinaciones entre los factores y niveles. En el caso presente se utiliza el diseño con más de dos niveles con dos replicas y la corrida del experimento de manera aleatoria.

Se presenta el diseño de experimento descrito en la tabla 3 con las diferentes corridas especificando las variables de entrada, Siendo A el área de entrada de aire desde la admisión, B los inyectores y por último C con las revoluciones del motor. Teniendo como 18 corridas de base.

Tabla 3. Orden para la obtención de muestras. Fuente: Autor

ORDEN CORRIDA	AREA DE LA ENTRADA DE AIRE EN LA ADMISION	INYECTORES	REVOLUCIONES DEL MOTOR
1	60	4	830
2	60	3	2500
3	30	3	1415
4	90	3	2500
5	60	3	830
6	60	4	2500
7	60	3	1415
8	30	3	1415
9	30	4	1415
10	90	3	1415
11	90	3	830
12	30	3	2500
13	30	3	830
14	90	4	1415
15	60	3	2500
16	60	4	1415
17	90	4	2500
18	90	4	830
19	90	4	830
20	30	4	830
21	30	4	2500
22	60	4	1415
23	60	3	1415
24	30	4	830
25	30	3	830
26	90	4	1415
27	90	3	830
28	90	3	2500
29	90	4	2500
30	30	4	1415
31	60	3	830
32	30	3	2500
33	90	3	1415
34	60	4	830
35	30	4	2500
36	60	4	2500

- **RECONOCIMIENTO DEL PROBLEMA**

Uno de los problemas en cuanto combustión es el incorrecto dosificado del cual interviene el aire más combustible los cuales van a variar más el número de RPM donde en diferentes escenarios se tomarán muestras para ver cómo afectan a las emisiones y cuál de las variables es la más representativa.

- **VARIABLE DE RESPUESTA**

Esta variable es la que se va a analizar para identificar cuáles de las fallas causadas es la que se relaciona más usando las emisiones de gases. Como variables tenemos el monóxido de carbono, dióxido de carbono, concentración de partículas, valor K (coeficiente de opacidad), oxígeno y lambda. Cada una de estas variables se van a visualizar sus respectivas magnitudes con sus unidades de medida.

- **VARIABLES CONTROLABLES**

Este tipo de variables son las que se van a manipular según la necesidad del estudio y el planteamiento del diseño de experimento, se lo denomina factores los cuales van a tener diferentes números de niveles y afectando las variables de respuesta.

- **FACTORES Y NIVELES**

Se presentan los factores en la tabla 4 cada uno con sus niveles los cuales se verán alterados de manera controlada según lo indique cada muestra para observar el comportamiento de la variable de respuesta.

Tabla 4. Factores y Niveles del diseño de experimento. Fuente: Autor.

Variables	Niveles			Unidad
	Mínimo	Medio	Máximo	
Área de la entrada de aire en la admisión	30	60	90	%
Inyectores	3	*	4	Unidad
Revoluciones del motor	RLN	1400	2500	RPM

PORCENTAJE DEL ÁREA DE INGRESO DE AIRE

La admisión es aquel conjunto de elementos que proveen al motor un aire limpio a una velocidad y temperatura acorde a la necesidad del régimen del motor, pasando por un filtro se provoca la reducción en la entrada taponándola, pero teniendo agujeros que cumplan el porcentaje deseado.

- Nivel bajo: 30% del área
- Nivel medio: 60% del área
- Nivel alto: 90% del área

NUMERO DE INYECTORES

Siendo encargado de producir un fino chorrillo (pulverización) de combustible dentro de la cámara, tras finalizar la carrera de compresión y lograr así que se desarrolle la combustión. Se desconectó de la cañería un cilindro impidiendo que llegue a realizar su función provocando así un trabajo errado. Se establecieron los niveles de la siguiente manera:

- Nivel bajo: 3 inyectores funcionando
- Nivel alto: 4 inyectores funcionando

RÉGIMEN DE GIRO DEL MOTOR

Basados en la normativa (INEN, 2013) ‘‘GESTIÓN AMBIENTAL. AIRE. VEHÍCULOS AUTOMOTORES. DETERMINACIÓN DE LA OPACIDAD DE EMISIONES DE ESCAPE DE MOTORES DE DIESEL MEDIANTE LA PRUEBA ESTÁTICA. MÉTODO DE ACELERACIÓN LIBRE’’ se determinaron los niveles de la siguiente forma:

- Nivel bajo: 830 RPM
- Nivel medio: 1415 RPM
- Nivel alto: 2500 RPM

A continuación, en la figura (ver Fig. 3.4) se presentan los objetos que nos van a permitir reducir el porcentaje de entrada de aire.



Figura 3.4. Reductores de área. Fuente: Autor.

- **VARIABLES DE BLOQUEO** (Tabla 5)

Es una variabilidad impredecible e ineludible. Esta variabilidad es la culpable de que en el experimento se tomen medidas reiteradas de un mismo objeto ocurra que, en varios casos, la segunda medida no sea igual a la primera. No obstante, bajo el aparente caos, existe un patrón regular de comportamiento en aquellas medidas: cada una de ellas tenderán a fluctuar alrededor de un costo central y siguiendo un modelo de posibilidad que va a ser fundamental estimar. (Panamito, Alfredo, Ocampo, & Ricardo, 2015)

Tabla 5. Variables de bloqueo en el diseño de experimento. Fuente: Autor

Factores	Valor	Unidades
Temperatura del aceite	97 a 105	°C
Carga externa del motor	0	%
Temperatura aire	28,67 a 30,45	°C
Humedad relativa	68,54 a 75,59	%

3.2.MÉTODOS Y TÉCNICAS DE RECOPIACIÓN DE DATOS EMPLEADAS

PROCEDIMIENTO PARA LA OBTENCIÓN DE DATOS DE EMISIONES

Se presenta el proceso que se va a llevar a cabo para la obtención de datos cumpliendo el diseño de experimentos propuesto para así con estos valores poder analizarlos estadísticamente logrando así detectar o explorar las variaciones que existirán en las variables de salida más relacionarlos con la caracterización de fallas. Iniciando con las muestras del estado óptimo del motor para obtener referencias permisibles.

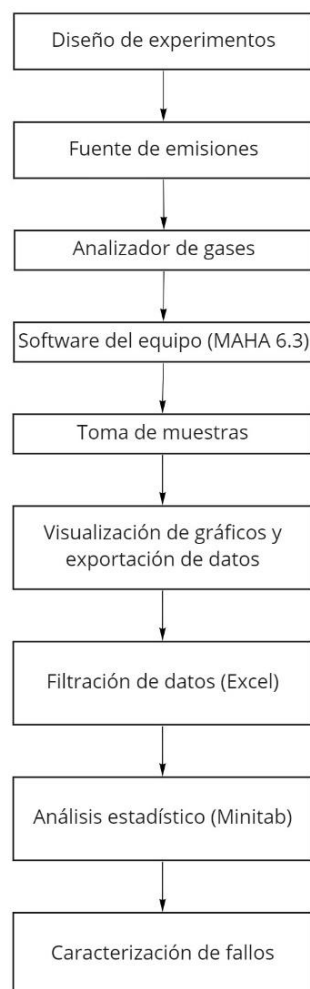


Figura 3.5. Procedimiento que seguir para la obtención de datos de emisiones. Fuente: Autor

- DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR Y CONDICIONES DEL MEDIO.

CARACTERÍSTICA DEL MOTOR:

Se registra las características del motor en la tabla 6, se utiliza en el camión Hyundai HD45-2.7Ton que se utilizó para la investigación.

Tabla 6. Datos del motor. Fuente: Autor

Datos del motor	
Marca/Modelo/Combustible	Hyundai/D4BB/Diésel
Cilindraje	2.607 cc
Potencia	109 HP a 4.000 RPM
Torque	216 NM a 2.200 RPM
No. De cilindros	4 en línea
No. De válvulas	8
Diámetro por carrera (mm)	91,1 x 100
Relación de compresión	22:00:01

- **CONDICIONES DEL MEDIO EN EJECUCIÓN DEL MUESTREO**

Como el medio en el que haremos la toma de datos se lo considera importante por las variables que no se pueden controlar, pero si van a influenciar en los resultados se trató de llevar un patrón como el utilizar un mismo lugar e intervalo de tiempo. A continuación, se evidencia la tabla 7.

Tabla 7. Condiciones del medio en ejecución. Fuente: Autor

Factores	Valor	Unidades
Temperatura del aceite	97 a 105	°C
Temperatura ambiente	28,67 a 30,45	°C
Humedad relativa	68,54 a 75,59	%
Presión Atmosférica	1008 a 1014	hPa

- **AMBIENTE PARA LA OBTENCIÓN DE DATOS**

Escoger un lugar con buena ventilación e idónea temperatura ya que dicho dos puntos son relevantes para emisiones no se concentren en el lugar en el cual se realiza el experimento. Se pretendía de elegir un lugar que se logre airear muchas veces más logre conservar una temperatura estable, ya que se necesita evitar los cambios drásticos.

A su vez este lugar escogido (ver Fig. 3.6) brinda privacidad para poder realizar los ensayos sin interrumpir o causar molestias tanto al investigador como a terceras personas ya que se producirían ruidos netamente del estudio.



Figura 3.6. Banco de prueba YESA 3230^a. Fuente: Autor

- **ADQUISICIÓN DE DATOS Y PROCESAMIENTO**

Para adquirir los datos usamos el analizador de gases MAHA MET 6.3 y su software (ver Fig. 3.7) el cual tiene para su uso 3 sensores los cuales captan revoluciones del motor más la temperatura del aceite por medio del AVL el cual manda los datos al analizador. Se tiene el sensor de emisiones el cual es ubicado en el sistema de escape. Por recomendación de fábrica el sensor de emisiones no puede tomar más de dos minutos datos ya que podría averiarse y tomar un intervalo de pausa entre cada toma de muestras con el fin de impedir que permanezca con una temperatura alta todo el tiempo de trabajo.



Figura 3.7. Menú de inicio MAHA (Diésel). Fuente: Autor

Para tener una correcta medición el motor debe estabilizarse a su vez el equipo analizador de gases tiene un mínimo de 60 grados centígrados como configuración predeterminada. Una vez con el motor estabilizado el sensor de revoluciones (ver Fig. 3.8) se ubica en la parte superior de la tapa válvulas donde se encuentra un perno ya que es un sensor magnético. Se ajustaron las RPM hasta que la luz led este de color verde dando indicación que el sensor está midiendo de manera óptima.



Figura 3.8. Sensor de revoluciones (MAHA) Fuente: Autor

A continuación, el sensor de temperatura de aceite el cual debe remplazar la bayoneta de aceite motor para tomar lectura de esta *variable*. Este sensor debe ser meticuloso ubicando, considerando de referencia la longitud de la bayoneta original del motor tal como se muestra en la figura (ver Fig. 3.9) ya que se podría averiar si no se considera el largo permitido.



Figura 3.9. Sensor de temperatura del aceite. Fuente: Autor

El equipo analizador de gases se constituye por una sonda como su observa en la figura (ver Fig. 3.10) con la cual se continua por hacer una prueba de hermeticidad más residuos de HC. Con la prueba aprobado se está listo para tomar las medidas necesarias donde nos arroja las variables de respuesta de cada ensayo.

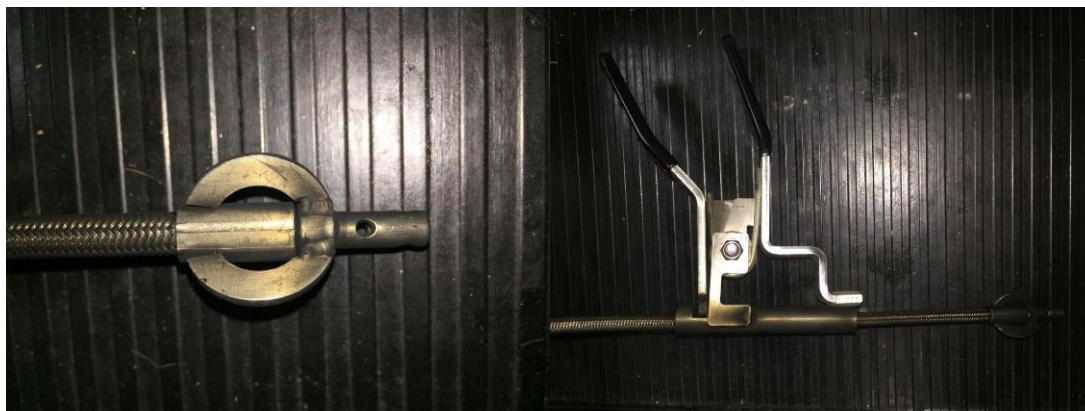


Figura 3.10. Sensor de emisiones. Fuente: Autor

Por cada corrida realizada el software que receipta los datos nos presenta una medición con un rango determinado en el caso presente 0,05 segundos y nos representa en una gráfica con todas las variables y un ajuste en el eje de las ordenadas en tiempo real dentro de los dos minutos que son el rango de medición recomendado. Como se puede observar en la figura (ver Fig. 3.11, 3.12, 3.13).

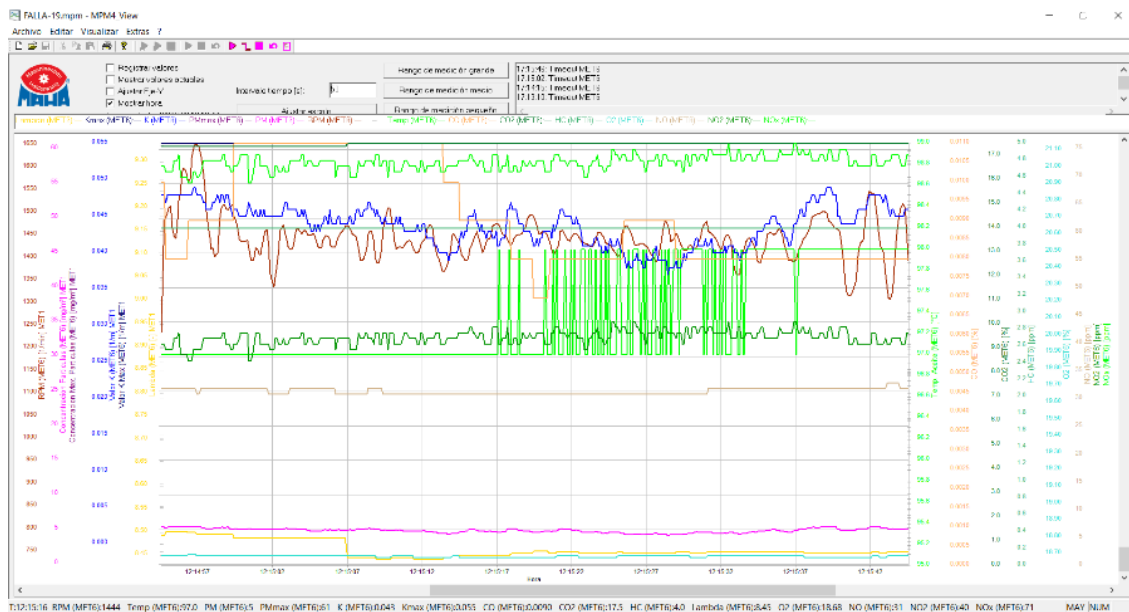


Figura 3.11. Grafica de todas las variables con eje de ordenadas ajustadas. Fuente: Autor.

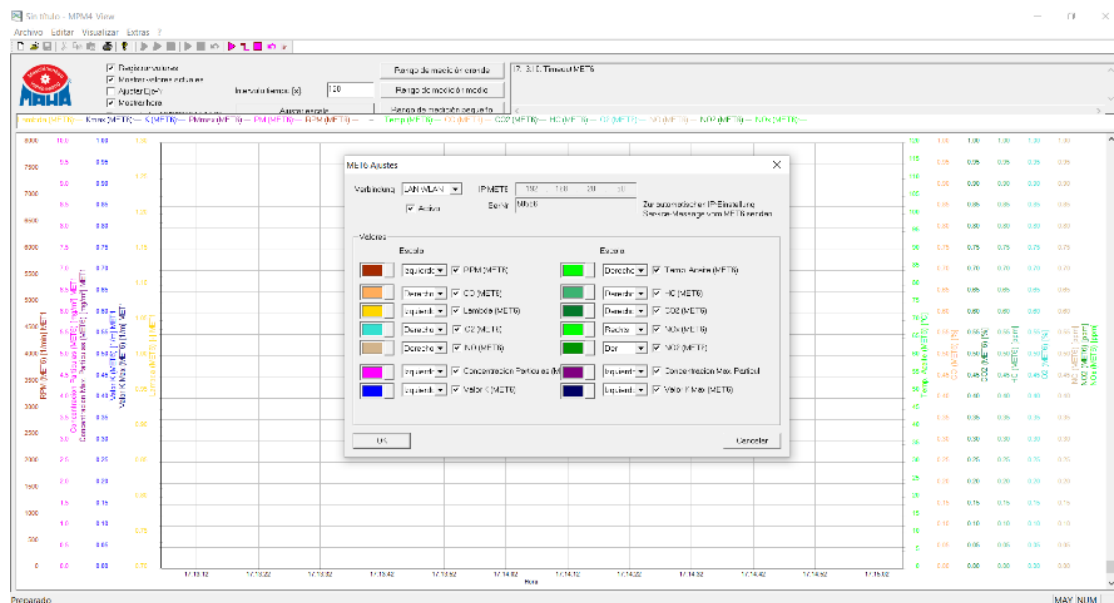


Figura 3.12. Menú de elección de las variables a mostrar. Fuente: Autor.

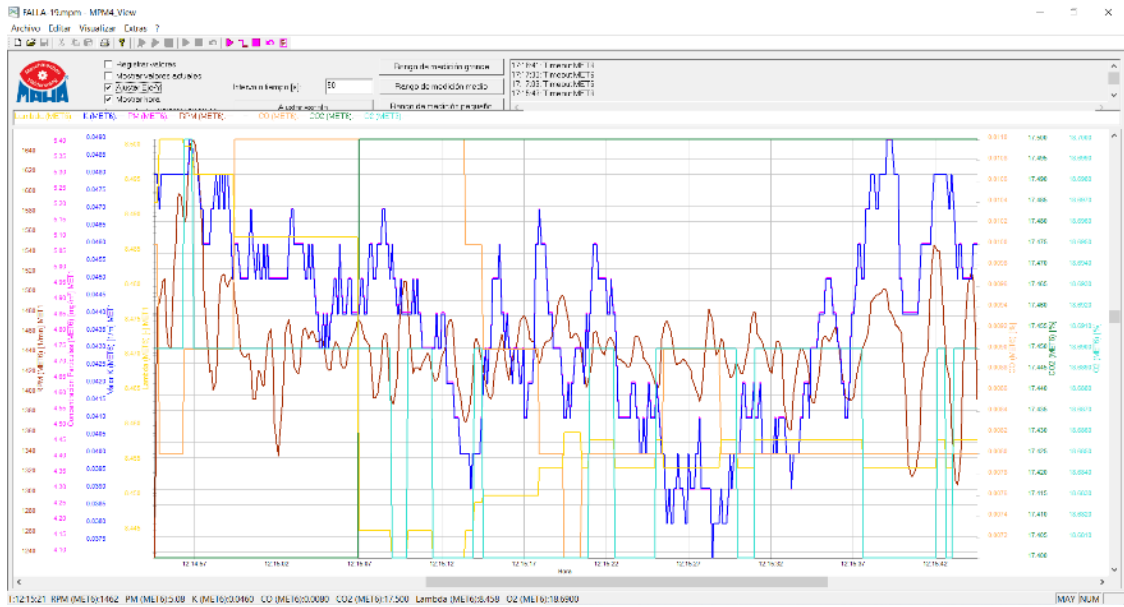


Figura 3.13. Grafica de variables seleccionadas. Fuente: Autor.

Una vez terminada la toma de datos el software nos permite exportar el texto para luego proceder a filtrar los datos (ver Fig. 3.14) más analizarlos estadísticamente mediante el software Minitab® en el cual se realizarán las corridas del diseño de experimento teniendo en cuenta las características estadísticas como:

- Media
- Desviación estándar
- Varianza
- Mínimo
- Mediana
- Máximo

DISEÑO DE EXPERIMENTO										MEDIA												
Orden Corrida	Tipo	Bloques	Area de la entrada de aire en la admision	Inyectors	Revoluciones del motor	Area de la entrada de aire en la admision	Inyectors	Revoluciones del motor	RPM (1/min)	Temp. Aceite (°C)	Concentra cion Part (mg/m³)	Concentra cion Part Max. (mg/m³)	Valor K (1/m)	Valor K Max (1/m)	CO (%)	CO2 (%)	HC (ppm)	Lambda	O2 (%)	Concentraci on Part (mg/m³)	Concentraci on Part Max. (mg/m³)	Valor K (1/m)
3	1	1	60	2	830	90	1	2500	2487,5	100,32	7,6535	82,752	0,069305	0,074897	0,010173	21,218	0,5676	6,8793	17,813	0,5002	5,687	0,004547
4	2	1	60	1	2500	90	1	830	923,09	94,387	3,0721	35,215	0,027837	0,031876	0,001854	18,621	0	7,9708	18,472	0,2665	3,402	0,002423
5	3	1	30	1	1400	30	2	830	844,42	86,545	2,9309	32,426	0,02657	0,029351	0,002983	18,813	0,698	7,8343	18,316	0,6467	6,299	0,005857
6	4	1	90	1	2500	90	1	1400	1358	94,721	4,7824	53,819	0,043314	0,04871	0,010778	17,066	0,5733	8,5748	18,514	0,4821	6,438	0,004351
7	5	1	60	1	830	60	1	1400	1430,4	90,519	4,5289	51,713	0,041031	0,046808	0,007125	18,212	2,2362	8,0605	18,381	0,3678	1,732	0,003306
8	6	1	60	2	2500	30	2	1400	1765,5	94,384	4,5916	50,214	0,041592	0,045447	0,009178	19,279	2,0747	7,6179	18,256	0,4193	3,572	0,003777
9	7	1	60	1	1400	30	1	1400	1404,4	96,74	4,7192	51,045	0,042748	0,046205	0,011925	18,688	1,6419	7,8317	18,285	0,402	3,085	0,003621
10	8	1	30	1	1400	60	1	2500	2507,3	101,42	6,4996	69,32	0,058866	0,06274	0,014913	21,804	1,6696	6,6943	17,79	0,9481	4,392	0,00858
11	9	1	30	2	1400	60	1	1400	1409,8	86,244	4,5139	55,841	0,040908	0,050543	0,004646	17,991	0,4065	8,1995	18,472	0,6787	4,341	0,006134
12	10	1	90	1	1400	30	1	2500	2516,9	100,65	4,806	52,648	0,04333	0,047652	0,050004	29,6	7,7869	4,9219	16,857	0,407	4,599	0,00367
13	11	1	90	1	830	30	1	830	816,14	94,663	2,8221	35,699	0,025565	0,032311	0,005177	19,497	1,1783	7,5664	18,267	0,2402	2,11	0,002182
14	12	1	30	1	2500	30	1	1400	1427,7	100,38	4,0335	47,899	0,038562	0,043356	0,011374	19,23	1,1076	7,6372	18,268	0,4074	4,032	0,003682
15	13	1	60	1	830	60	2	830	833,05	93,527	2,4666	28,637	0,022347	0,025926	0,007439	17,541	1,2884	8,3934	18,533	0,2065	1,396	0,001855
16	14	1	90	2	1400	30	2	2500	2508,3	102,35	4,0545	49,864	0,03684	0,04513	0,009117	28,01	30,885	5,0593	16,204	0,4579	4,935	0,004136
17	15	1	60	1	2500	30	2	1400	1233,2	101,8	4,2038	47,412	0,038104	0,042914	0,009916	18,787	1,9407	7,7966	18,275	0,3699	2,449	0,003336
18	16	1	60	2	1400	90	1	830	813,17	80,811	3,791	48,198	0,034367	0,043626	0,005711	19,953	2,8354	7,3678	18,141	0,432	0,633	0,003917
19	17	1	90	2	2500	90	2	830	827,17	83,145	-0,00809	3,4373	-7,4E-05	0,003117	0,011019	19,558	6,4021	7,4983	18,224	0,11789	0,5927	0,001072
20	18	1	90	2	830	60	2	830	824	87,856	2,7743	33,123	0,025131	0,029981	0,003796	19,143	1,8733	7,6961	18,275	0,2039	2,172	0,001852
21	19	1	90	2	830	60	2	1400	1316,5	97,412	5,021	60,77	0,045474	0,055	0,009261	17,407	4,1701	8,4502	18,684	0,39	0	0,003527
22	20	1	30	2	830	90	1	2500	2485,9	102,57	0,07574	10,073	0,00689	0,01093	0,012722	21,475	3,2128	6,8408	17,975	0,26948	4,402	0,00245
23	21	1	30	2	2500	30	2	830	829,73	79,391	2,121	28,403	0,019257	0,025712	0,005377	20,201	1,9876	7,3629	18,056	0,2452	1,039	0,002198
24	22	1	60	2	1400	90	2	2500	2481,7	101,31	9,8251	110,41	0,088954	0,099925	0,013591	20,723	1,5428	7,0845	18,067	0,5772	3,81	0,002335
25	23	1	60	1	1400	90	1	1400	1403,9	102,02	4,2055	41,438	0,038181	0,046236	0,008890	17,151	3,3664	8,6096	18,684	0,3124	0,668	0,003809

Figura 3.14. Tabla de datos (Corrida del Diseño de Experimento). Fuente: Autor

4. CAPÍTULO

IV. RESULTADOS

4.1. CARACTERIZACION DE FALLOS CONFORME LAS MUESTRAS DEL DISEÑO DE EXPERIMENTO Y VALIDACION DE DATOS MEDIANTE EL UNO DEL MINITAB®

4.1.1. DETERMINACIÓN DE EMISIONES PATRONES

- **EMISIONES PATRÓN EN RALENTÍ (830 RPM)**

Considerando el motor en operación normal y con 830 RPM se toman las muestras con un registro de datos cada 0,05 segundos. Este proceso se lo repitió cuatro veces teniendo en cuenta realizar este proceso de la manera más semejante posible para así reducir el error que podrían provocar las variables.

Siendo estos datos procesados en MINITAB® se procede a realizar el análisis estadístico obteniendo los siguientes resultados expuestos en la tabla 8:

Tabla 8. Emisiones patrón a ralentí. Fuente: Autor

Variable	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Varianza	Mínimo	Mediana	Máximo
Concentración Part (mg/m ³)	2,3366	0,00612	0,2042	0,0417	1,76	2,32	3,09
Concentración Part Max. (mg/m ³)	30,922	0,00371	0,124	0,0153	28,72	30,93	30,93
Valor K (1/m)	0,021183	0,000055	0,001823	0,000003	0,016	0,021	0,028
Valor K Max (1/m)	0,027993	0,000003	0,000112	0	0,026	0,028	0,028
CO (%)	0,007295	0,000051	0,001711	0,000003	0,002	0,008	0,01
CO ₂ (%)	18,101	0,0146	0,486	0,236	15,7	18,3	18,5
Lambda	8,0914	0,00703	0,2346	0,055	7,911	7,994	9,476
O ₂ (%)	18,334	0,002	0,0666	0,00444	18,3	18,31	18,96

- **EMISIONES PATRÓN EN 1415 RPM**

De la misma manera como se realizó la toma de datos en ralentí se lo realizo en 1415 RPM dándonos como resultado la tabla 9:

Tabla 9. Emisiones patrón en 1415 RPM. Fuente: Autor

Variable	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Varianza	Mínimo	Mediana	Máximo
Concentración Part (mg/m ³)	4,7494	0,0062	0,2707	0,0733	3,75	4,75	5,52
Concentración Part Max. (mg/m ³)	52,935	0,0498	2,174	4,728	48,61	53,03	56,35
Valor K (1/m)	0,043008	0,000056	0,002438	0,000006	0,034	0,043	0,05
Valor K Max (1/m)	0,047912	0,000045	0,001966	0,000004	0,044	0,048	0,051
CO (%)	0,006433	0,000041	0,001798	0,000003	0,001	0,007	0,011
CO2 (%)	16,733	0,00957	0,418	0,175	14,9	16,9	17,1
Lambda	8,7578	0,00534	0,2333	0,0544	8,583	8,65	9,918
O2 (%)	18,543	0,00133	0,058	0,00337	18,49	18,55	18,92

• EMISIONES PATRÓN EN 2500 RPM

Habiendo seguido la toma de datos uniformemente con el caso de 1415 RPM y en ralentí se muestran en la tabla 10 los resultados estadísticos en operación normal del motor.

Tabla 10. Emisiones patrón en 2500 RPM. Fuente: Autor

Variable	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Varianza	Mínimo	Mediana	Máximo
Concentración Part (mg/m ³)	3,5431	0,00943	0,4292	0,1842	2,2	3,42	4,75
Concentración Part Max. (mg/m ³)	40,092	0,0861	3,92	15,364	23,2	39,77	47,51
Valor K (1/m)	0,032117	0,000086	0,003896	0,000015	0,02	0,031	0,043
Valor K Max (1/m)	0,036291	0,000078	0,003547	0,000013	0,021	0,036	0,043
CO (%)	0,04131	0,000133	0,006061	0,000037	0,028	0,039	0,053
CO2 (%)	21,963	0,0116	0,527	0,278	19,1	22,1	22,4
Lambda	6,5684	0,00422	0,192	0,0369	6,384	6,565	7,826
O2 (%)	17,797	0,00321	0,146	0,0213	17,63	17,86	18,86

Se adquirieron los valores de emisiones patrones mostrados en las tablas 8,9 y 10 en diferentes condiciones son el punto de inicio para proceder a equiparar y examinar cuales son las emisiones de los componentes que están afectando de manera significativa en el rendimiento del motor.

4.2. CARACTERÍSTICAS MAS REPRESENTATIVAS DE LAS EMISIONES DE GASES

Tras correr el diseño de experimento con los datos obtenidos podemos apreciar cuál de los factores más la interacción entre ellos son los más representativos para lo cual se va a utilizar el diagrama de Pareto más los diagramas de residuo.

Se van a representar las características estadísticas que obtuvieron significancia que es el caso de la varianza, desviación estándar y el valor máximo. Con estos valores se realizó la corrida del diseño donde obtendremos el diagrama de Pareto donde nos va a indicar cuales factores son los más significativos y el diagrama de residuos que nos muestra cómo se comportan los datos en comparación con la ecuación resultante para las variables de respuesta.

- **CORRIDA DEL DISEÑO DE EXPERIMENTO SEGÚN EL VALOR MÁXIMO RESPECTO AL O₂**

Se presenta la *ECUACIÓN 1* de regresión en el oxígeno, si:

A= Área de la entrada de aire en la admisión con sus factores (30, 60, 90)

B= Inyectores con sus factores (1, 2)

C= Revoluciones del motor con sus factores (830, 1400, 2500)

Entonces

$$\begin{aligned} O_2 (\%) = & 18.7983 + 0.0233 A_{30} + 0.0100 A_{60} - 0.0333 A_{90} + 0.0383 B_1 - 0.0383 B_2 + 0.0467 \\ & C_{830} + 0.0392 C_{1400} - 0.0858 C_{2500} + 0.0683 A*B_{30 1} - 0.0683 A*B_{30 2} - 0.0300 A*B_{60 1} + \\ & 0.0300 A*B_{60 2} - 0.0383 A*B_{90 1} + 0.0383 A*B_{90 2} - 0.0158 A*C_{30 830} + 0.0217 A*C_{30 1400} - \\ & 0.0058 A*C_{30 2500} + 0.0450 A*C_{60 830} + 0.0975 A*C_{60 1400} - 0.1425 A*C_{60 2500} - 0.0292 \\ & A*C_{90 830} - 0.1192 A*C_{90 1400} + 0.1483 A*C_{90 2500} - 0.0233 B*C_{1 830} - 0.0475 B*C_{1 1400} + \\ & 0.0708 B*C_{1 2500} + 0.0233 B*C_{2 830} + 0.0475 B*C_{2 1400} - 0.0708 B*C_{2 2500} - 0.0158 A*B*C_{30 \\ & 1 830} - 0.0267 A*B*C_{30 1 1400} + 0.0425 A*B*C_{30 1 2500} + 0.0158 A*B*C_{30 2 830} + 0.0267 \\ & A*B*C_{30 2 1400} - 0.0425 A*B*C_{30 2 2500} - 0.0400 A*B*C_{60 1 830} + 0.0492 A*B*C_{60 1 1400} - \\ & 0.0092 A*B*C_{60 1 2500} + 0.0400 A*B*C_{60 2 830} - 0.0492 A*B*C_{60 2 1400} + 0.0092 A*B*C_{60 2 \\ & 2500} + 0.0558 A*B*C_{90 1 830} - 0.0225 A*B*C_{90 1 1400} - 0.0333 A*B*C_{90 1 2500} - 0.0558 \\ & A*B*C_{90 2 830} + 0.0225 A*B*C_{90 2 1400} + 0.0333 A*B*C_{90 2 2500} \end{aligned}$$

A continuación, el diagrama de Pareto (ver Fig. 4.1) donde como fallas significativas tenemos la combinación del área de restricción con las revoluciones del motor con un límite calculado de 2,101.

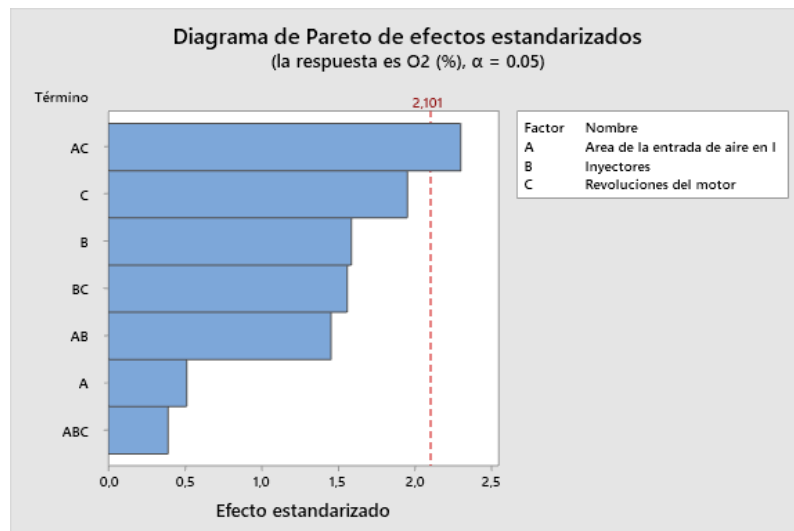


Figura 4.1. Diagrama de Pareto para Oxígeno. Fuente: Autor

Por último, se expone la gráfica de Residuo VS Porcentaje (ver Fig. 4.2) donde se observa la diferencia del valor ajustado con el valor observado teniendo como resultado lo siguiente.

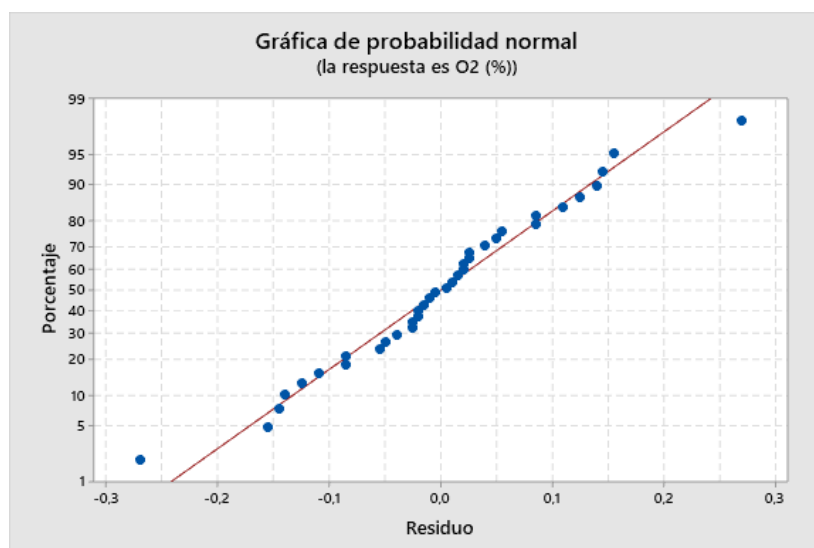


Figura 4.2. Gráfica de residuos para Oxígeno. Fuente: Autor

- **CORRIDA DEL DISEÑO DE EXPERIMENTO SEGÚN EL DESVIACIÓN ESTÁNDAR RESPECTO A LA CONCENTRACIÓN DE PARTÍCULAS MÁXIMAS Y VALOR K MÁXIMO**

Se presenta la *ECUACIÓN 2* de regresión para concentración de partículas máximo, si:

A= Área de la entrada de aire en la admisión con sus factores (30, 60, 90)

B= Inyectores con sus factores (1, 2)

C= Revoluciones del motor con sus factores (830, 1400, 2500)

Entonces:

$$\begin{aligned} \text{Concentración Part Max. (mg/m}^3\text{)} = & 3.630 + 0.248 A_{30} - 0.440 A_{60} + 0.192 A_{90} + 0.237 B_1 - 0.237 \\ & B_2 - 1.094 C_{830} + 0.995 C_{1400} + 0.099 C_{2500} + 0.076 A*B_{30 1} - 0.076 A*B_{30 2} - 0.505 A*B_{60} \\ & 1 + 0.505 A*B_{60 2} + 0.429 A*B_{90 1} - 0.429 A*B_{90 2} - 0.878 A*C_{30 830} + 1.360 A*C_{30 1400} - \\ & 0.481 A*C_{30 2500} + 2.227 A*C_{60 830} - 2.086 A*C_{60 1400} - 0.141 A*C_{60 2500} - 1.349 A*C_{90} \\ & 830 + 0.727 A*C_{90 1400} + 0.622 A*C_{90 2500} - 0.432 B*C_{1 830} + 0.122 B*C_{1 1400} + 0.310 B*C_{1} \\ & 2500 + 0.432 B*C_{2 830} - 0.122 B*C_{2 1400} - 0.310 B*C_{2 2500} - 0.301 A*B*C_{30 1 830} + 1.178 \\ & A*B*C_{30 1 1400} - 0.877 A*B*C_{30 1 2500} + 0.301 A*B*C_{30 2 830} - 1.178 A*B*C_{30 2 1400} + 0.877 \\ & A*B*C_{30 2 2500} + 0.241 A*B*C_{60 1 830} + 0.023 A*B*C_{60 1 1400} - 0.265 A*B*C_{60 1 2500} - 0.241 \\ & A*B*C_{60 2 830} - 0.023 A*B*C_{60 2 1400} + 0.265 A*B*C_{60 2 2500} + 0.059 A*B*C_{90 1 830} - 1.202 \\ & A*B*C_{90 1 1400} + 1.142 A*B*C_{90 1 2500} - 0.059 A*B*C_{90 2 830} + 1.202 A*B*C_{90 2 1400} - 1.142 \\ & A*B*C_{90 2 2500} \end{aligned}$$

Tenemos por parte del diagrama de Pareto (ver Fig. 4.3) dos barras que sobrepasan el límite de 2,101 que son en primer lugar la combinación del área de restricción con las revoluciones del motor siendo estas las más significativas por parte de la desviación estándar.

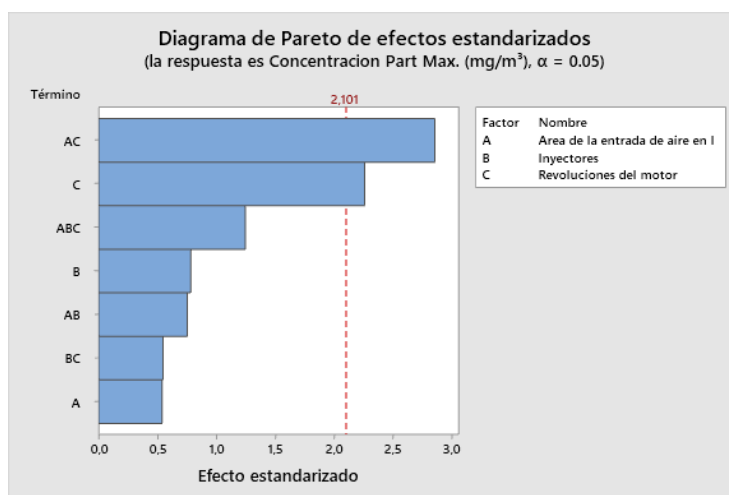


Figura 4.3. Diagrama de Pareto para Concentración de Partículas Máximo. Fuente: Autor

Con la ecuación 2 se presenta la gráfica de residuo y probabilidad (ver Fig. 4.4) notando que no existen valores dispersos y que la ecuación lleva bien el comportamiento de los datos.

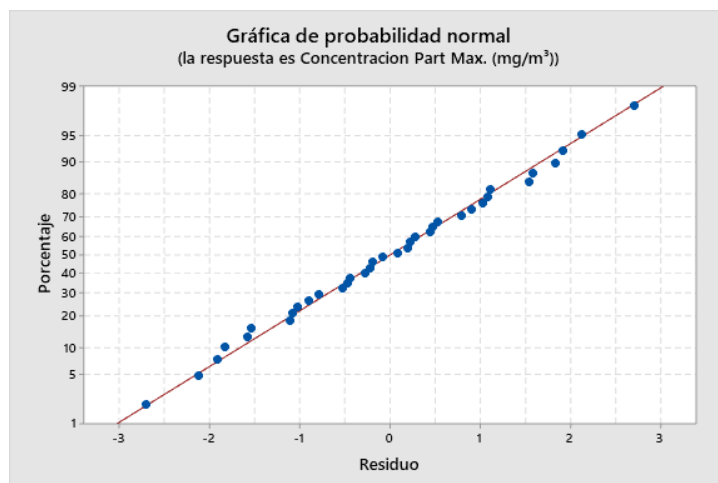


Figura 4.4. Gráfica de residuos para Concentración de Partículas Máximo. Fuente: Autor

Se presenta la *ECUACIÓN 3* de regresión para valor K máximo, si:

A= Área de la entrada de aire en la admisión con sus factores (30, 60, 90)

B= Inyectores con sus factores (1, 2)

C= Revoluciones del motor con sus factores (830, 1400, 2500)

Entonces:

$$\begin{aligned} \text{Valor K Max (1/m)} = & 0.003285 + 0.000224 A_{30} - 0.000398 A_{60} + 0.000174 A_{90} + 0.000214 B_1 - \\ & 0.000214 B_2 - 0.000990 C_{830} + 0.000900 C_{1400} + 0.000090 C_{2500} + 0.000069 A*B_{30 1} - 0.000069 \\ & A*B_{30 2} - 0.000457 A*B_{60 1} + 0.000457 A*B_{60 2} + 0.000388 A*B_{90 1} - 0.000388 A*B_{90 2} - \\ & 0.000795 A*C_{30 830} + 0.001230 A*C_{30 1400} - 0.000436 A*C_{30 2500} + 0.002016 A*C_{60 830} - \\ & 0.001889 A*C_{60 1400} - 0.000127 A*C_{60 2500} - 0.001222 A*C_{90 830} + 0.000658 A*C_{90 1400} + \\ & 0.000563 A*C_{90 2500} - 0.000391 B*C_{1 830} + 0.000110 B*C_{1 1400} + 0.000281 B*C_{1 2500} + \\ & 0.000391 B*C_{2 830} - 0.000110 B*C_{2 1400} - 0.000281 B*C_{2 2500} - 0.000272 A*B*C_{30 1 830} + \\ & 0.001067 A*B*C_{30 1 1400} - 0.000794 A*B*C_{30 1 2500} + 0.000272 A*B*C_{30 2 830} - 0.001067 \\ & A*B*C_{30 2 1400} + 0.000794 A*B*C_{30 2 2500} + 0.000218 A*B*C_{60 1 830} + 0.000021 A*B*C_{60 1} \\ & 1400 - 0.000239 A*B*C_{60 1 2500} - 0.000218 A*B*C_{60 2 830} - 0.000021 A*B*C_{60 2 1400} + 0.000239 \\ & A*B*C_{60 2 2500} + 0.000054 A*B*C_{90 1 830} - 0.001088 A*B*C_{90 1 1400} + 0.001034 A*B*C_{90 1} \\ & 2500 - 0.000054 A*B*C_{90 2 830} + 0.001088 A*B*C_{90 2 1400} - 0.001034 A*B*C_{90 2 2500} \end{aligned}$$

En el diagrama de Pareto (ver Fig. 4.5) en cuanto a valor K nos muestra de igual manera dos barras que sobrepasan el límite siendo estas el área de entrada del aire relacionada a las revoluciones del motor luego se ubica el factor de revoluciones.

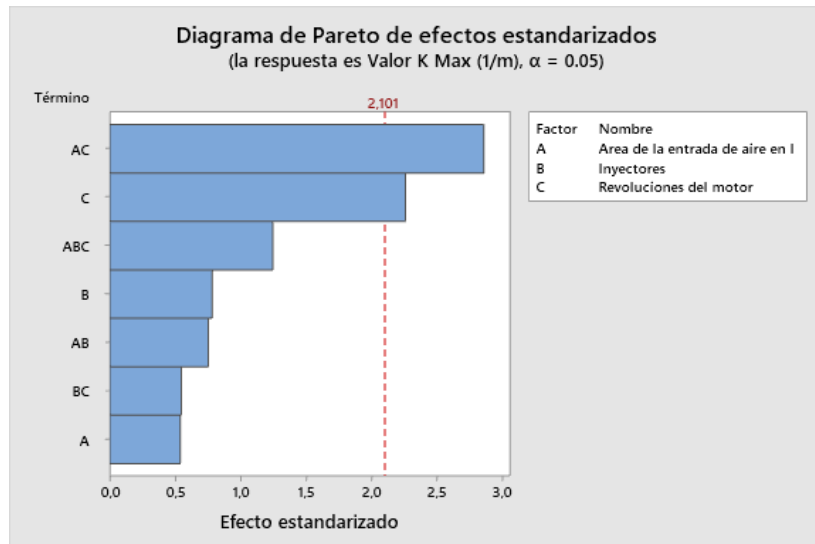


Figura 4.5. Diagrama de Pareto para Valor K Máximo. Fuente: Autor

En la figura (ver Fig. 4.6) se presenta buen ajuste en cuanto los valores obtenidos en comparación a los valores ajustados.

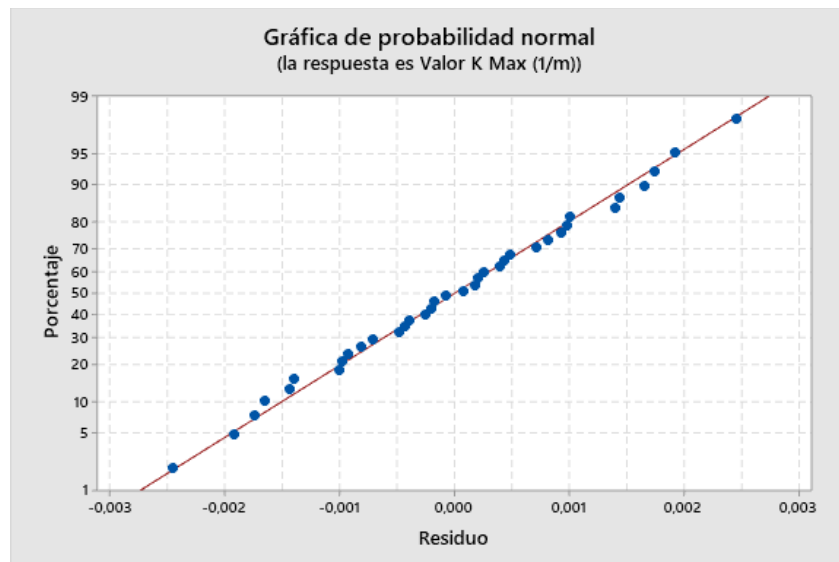


Figura 4.6. Gráfica de residuos para Valor K Máximo. Fuente: Autor

- **CORRIDA DEL DISEÑO DE EXPERIMENTO SEGÚN LA VARIANZA RESPECTO A LA CONCENTRACIÓN DE PARTÍCULAS MÁXIMAS Y VALOR K MÁXIMO**

Se presenta la *ECUACIÓN 4* de regresión para concentración de partículas máximo, si:

A= Área de la entrada de aire en la admisión con sus factores (30, 60, 90)

B= Inyectores con sus factores (1, 2)

C= Revoluciones del motor con sus factores (830, 1400, 2500)

Entonces:

$$\begin{aligned} \text{Concentración Part Max. (mg/m}^3\text{)} = & 18.19 + 3.35 A_{30} - 5.53 A_{60} + 2.18 A_{90} + 2.34 B_1 - 2.34 B_2 - \\ & 8.21 C_{830} + 8.66 C_{1400} - 0.45 C_{2500} + 1.89 A*B_{30 1} - 1.89 A*B_{30 2} - 3.86 A*B_{60 1} + 3.86 \\ & A*B_{60 2} + 1.97 A*B_{90 1} - 1.97 A*B_{90 2} - 7.67 A*C_{30 830} + 12.48 A*C_{30 1400} - 4.81 A*C_{30} \\ & 2500 + 17.14 A*C_{60 830} - 15.03 A*C_{60 1400} - 2.11 A*C_{60 2500} - 9.48 A*C_{90 830} + 2.55 A*C_{90} \\ & 1400 + 6.92 A*C_{90 2500} - 4.08 B*C_{1 830} + 2.71 B*C_{1 1400} + 1.38 B*C_{1 2500} + 4.08 B*C_{2 830} - \\ & 2.71 B*C_{2 1400} - 1.38 B*C_{2 2500} - 3.59 A*B*C_{30 1 830} + 14.33 A*B*C_{30 1 1400} - 10.75 \\ & A*B*C_{30 1 2500} + 3.59 A*B*C_{30 2 830} - 14.33 A*B*C_{30 2 1400} + 10.75 A*B*C_{30 2 2500} + 3.50 \\ & A*B*C_{60 1 830} - 2.34 A*B*C_{60 1 1400} - 1.16 A*B*C_{60 1 2500} - 3.50 A*B*C_{60 2 830} + 2.34 \\ & A*B*C_{60 2 1400} + 1.16 A*B*C_{60 2 2500} + 0.09 A*B*C_{90 1 830} - 12.00 A*B*C_{90 1 1400} + 11.91 \\ & A*B*C_{90 1 2500} - 0.09 A*B*C_{90 2 830} + 12.00 A*B*C_{90 2 1400} - 11.91 A*B*C_{90 2 2500} \end{aligned}$$

En la figura (ver Fig. 4.7) para la varianza en concentración de partículas máximas tenemos a la combinación de la reducción del área y las revoluciones del motor como la más representativa, luego se ubica al único factor de las revoluciones por último se tiene la combinación del área, las revoluciones y los inyectores que sobrepasan el límite de 2,101.

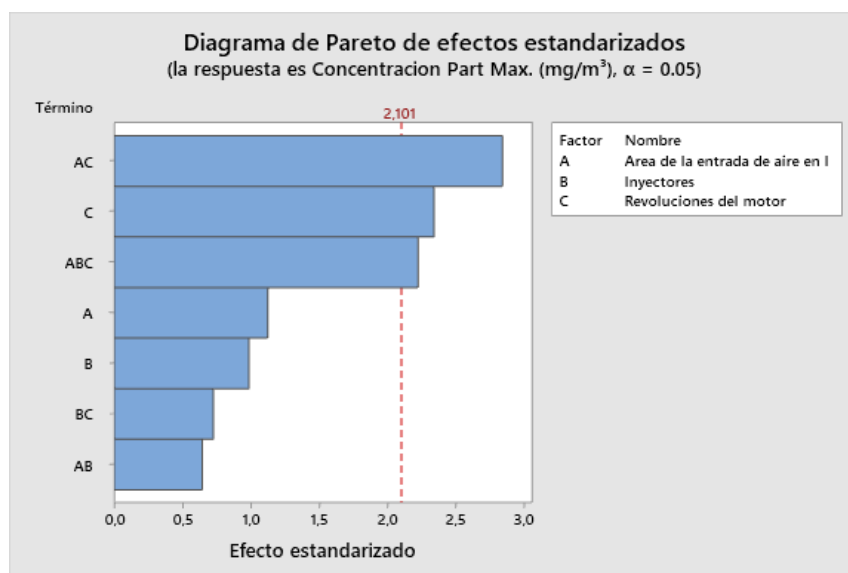


Figura 4.7. Diagrama de Pareto para Concentración de Partículas Máximo. Fuente: Autor

Según la ecuación 4 y los valores obtenidos tenemos la figura (ver Fig. 4.8) donde se presentan pocos que están alejados de los valores ajustados aun así se representa bien su comportamiento a lo largo de la recta.

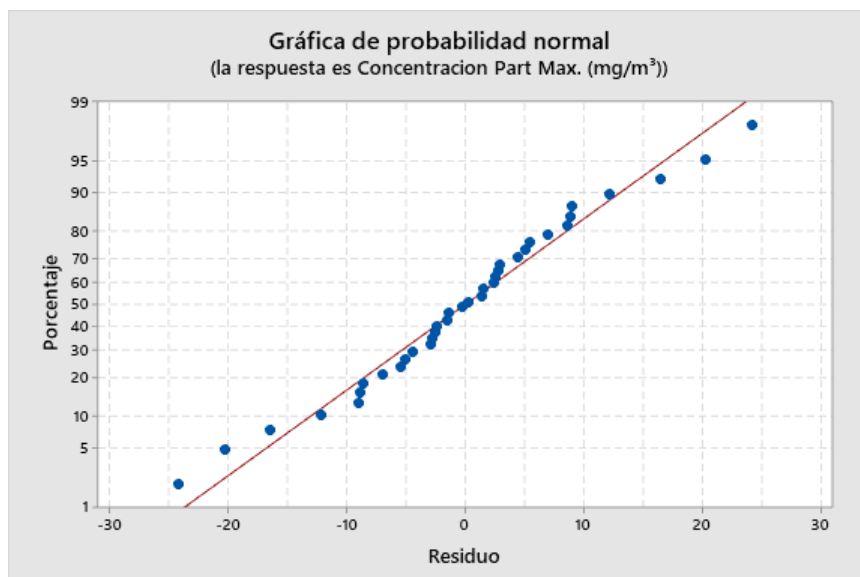


Figura 4.8. Gráfica de residuos para Concentración de Partículas Máximo. Fuente: Autor

Se presenta la *ECUACIÓN 5* de regresión para valor K máximo, si:

A= Área de la entrada de aire en la admisión con sus factores (30, 60, 90)

B= Inyectores con sus factores (1, 2)

C= Revoluciones del motor con sus factores (830, 1400, 2500)

Entonces:

$$\begin{aligned} \text{Valor K Max (1/m)} = & 0.000015 + 0.000003 A_{30} - 0.000005 A_{60} + 0.000002 A_{90} + 0.000002 B_{1} - \\ & 0.000002 B_{2} - 0.000007 C_{830} + 0.000007 C_{1400} - 0.000000 C_{2500} + 0.000002 A * B_{30 1} - 0.000002 \\ & A * B_{30 2} - 0.000003 A * B_{60 1} + 0.000003 A * B_{60 2} + 0.000002 A * B_{90 1} - 0.000002 A * B_{90 2} - \\ & 0.000006 A * C_{30 830} + 0.000010 A * C_{30 1400} - 0.000004 A * C_{30 2500} + 0.000014 A * C_{60 830} - \\ & 0.000012 A * C_{60 1400} - 0.000002 A * C_{60 2500} - 0.000008 A * C_{90 830} + 0.000002 A * C_{90 1400} \\ & + 0.000006 A * C_{90 2500} - 0.000003 B * C_{1 830} + 0.000002 B * C_{1 1400} + 0.000001 B * C_{1 2500} + \\ & 0.000003 B * C_{2 830} - 0.000002 B * C_{2 1400} - 0.000001 B * C_{2 2500} - 0.000003 A * B * C_{30 1 830} + \\ & 0.000012 A * B * C_{30 1 1400} - 0.000009 A * B * C_{30 1 2500} + 0.000003 A * B * C_{30 2 830} - 0.000012 \\ & A * B * C_{30 2 1400} + 0.000009 A * B * C_{30 2 2500} + 0.000003 A * B * C_{60 1 830} - 0.000002 A * B * C_{60 1} \\ & 1400 - 0.000001 A * B * C_{60 1 2500} - 0.000003 A * B * C_{60 2 830} + 0.000002 A * B * C_{60 2 1400} + \\ & 0.000001 A * B * C_{60 2 2500} + 0.000000 A * B * C_{90 1 830} - 0.000010 A * B * C_{90 1 1400} + 0.000010 \\ & A * B * C_{90 1 2500} - 0.000000 A * B * C_{90 2 830} + 0.000010 A * B * C_{90 2 1400} - 0.000010 A * B * C_{90 2} \\ & 2500 \end{aligned}$$

En cuanto al valor K máximo tenemos la figura (ver Fig. 4.9) donde se observan los mismos factores del mismo orden como el caso de concentración de partículas.

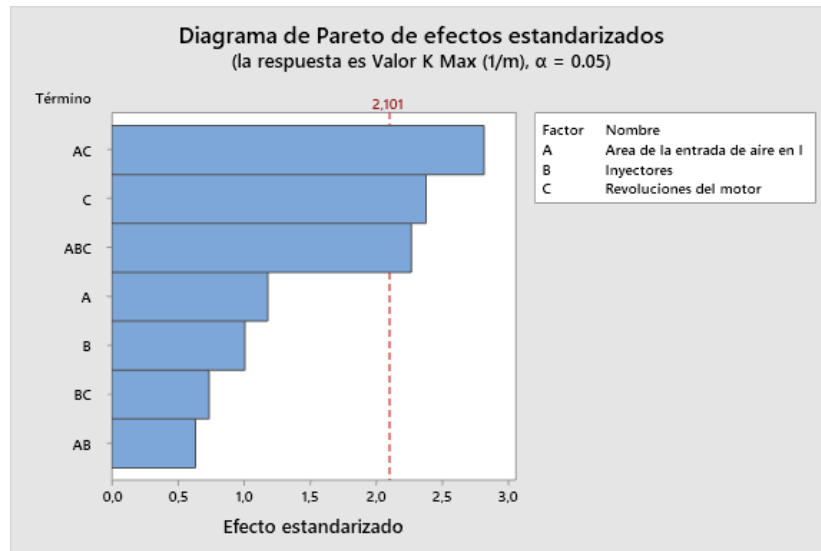


Figura 4.9. Diagrama de Pareto para Valor K Máximo. Fuente: Autor

El comportamiento de los valores obtenidos se ajusta bien a la ecuación 5 de regresión como se muestra en la figura (ver Fig. 4.10).

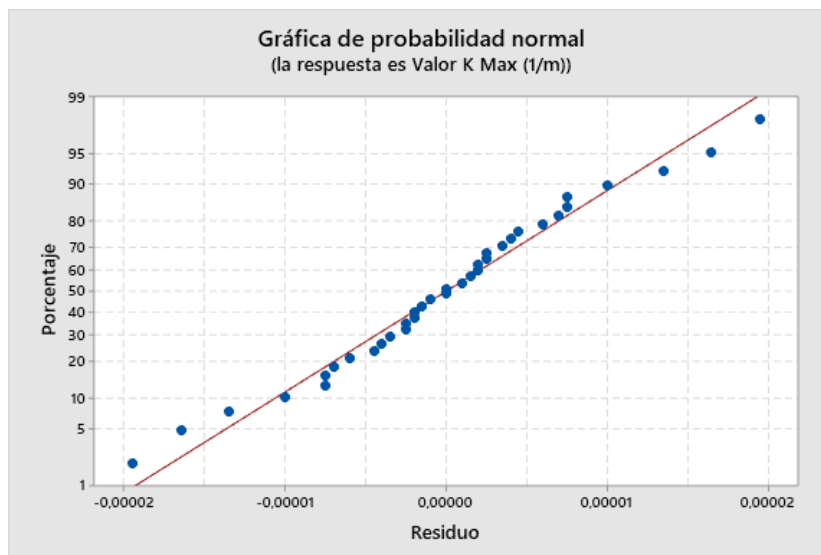


Figura 4.10. Gráfica de residuos para Valor K Máximo. Fuente: Autor

4.3. CARACTERIZACIÓN DE FALLOS CRÍTICOS EN EL MOTOR

- **CARACTERIZACIÓN DEL FALLO 60% DEL ÁREA EN LA ADMISIÓN EN 1415 RPM SEGÚN VALORES MÁXIMOS**

Se presentan los valores en la tabla 11 tomados en ambas muestras, normal y en fallo, considerando en cuanto la característica estadística de los valores máximos según las variables de respuesta en este caso las emisiones que se describen en la siguiente tabla.

Tabla 11. Parámetros de funcionamiento para pruebas normal y en falla. Fuente: Autor

Valores Máximos (60%-1415RPM)		
Variables	Normal	Fallo
Concentración Part (mg/m ³)	5,52	5,96
Concentración Part Max. (mg/m ³)	56,35	60,77
Valor K (1/m)	0,05	0,054
Valor K Max (1/m)	0,051	0,055
CO (%)	0,011	0,011
CO2 (%)	17,1	17,5
Lambda	9,918	8,893
O2 (%)	18,92	18,73

En cuanto a concentración de partículas tenemos la figura (ver Fig. 4.11) donde se presenta un incremento del 7,38% y en la concentración de partículas máxima un incremento del 7,27%. En la variable de respuesta en valor K existe un incremento del 7,41% y en valor K máximo presenta incremento del 7,27%. Estos incrementos son muy cercanos lo que nos permite decir que en este caso las variables de concentración y valor k tienen un incremento del 7,33%.

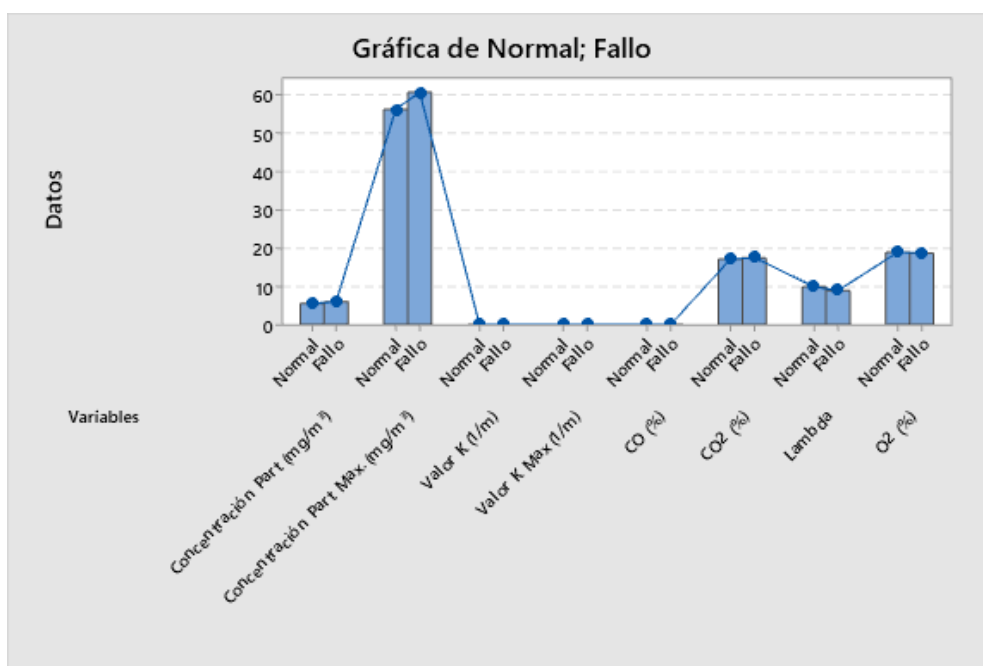


Figura 4.11. Grafica de variables en estado normal y en falla. Fuente: Autor

- **CARACTERIZACIÓN DEL FALLO 60% DEL ÁREA EN LA ADMISIÓN EN 830 RPM SEGÚN VALORES DE DESVIACIÓN ESTÁNDAR**

En esta caracterización por medio de la desviación estándar se puede observar la tabla 12 donde la variable del área en la entrada de aire en el nivel intermedio vuelve a ser la indicada para causar la falla crítica, pero con el nivel más bajo en cuanto a las revoluciones del motor, en la siguiente tabla se puede observar cómo estas interactúan.

Tabla 12. Parámetros de funcionamiento para pruebas normal y en falla. Fuente: Autor

Desviación Estándar (60%-830RPM)		
Variables	Normal	Fallo
Concentración Part (mg/m ³)	0,2042	0,2039
Concentración Part Max. (mg/m ³)	0,124	2,172
Valor K (1/m)	0,001823	0,001852
Valor K Max (1/m)	0,000112	0,001965
CO (%)	0,001711	0,001639
CO ₂ (%)	0,486	0,492
Lambda	0,2346	0,2058
O ₂ (%)	0,0666	0,048

En cuanto los valores de concentración de partículas máx. y valor K máx. tenemos la figura (ver Fig. 4.12) donde se visualiza sus diferencias en cuanto al estado normal del motor son muy semejantes dándonos así en promedio el 94,3% de incremento. En cuanto al factor lambda y el oxígeno se aprecia el decrecimiento de los valores tales como 12,28% y 27,92% respectivamente notando que el oxígeno es casi el doble de diferencia comparándolo con el factor lambda.

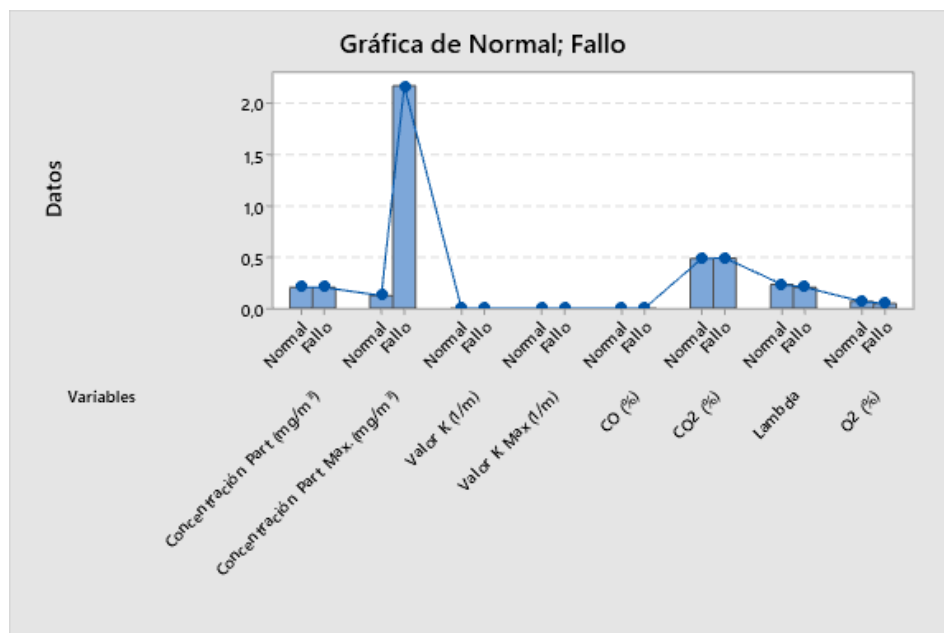


Figura 4.12. Grafica de variables en estado normal y en falla. Fuente: Autor

- **CARACTERIZACIÓN DEL FALLO 60% DEL ÁREA EN LA ADMISIÓN EN 830 RPM SEGÚN VALORES DE VARIANZA**

Teniendo la misma falla crítica, pero analizándola a partir de la varianza se expone la tabla 13 valores que incrementan notablemente y otros que descienden como son el caso del oxígeno, se presenta la siguiente tabla.

Tabla 13. Parámetros de funcionamiento para pruebas normal y en falla. Fuente: Autor

Varianza (60%-830RPM)		
Variables	Normal	Fallo
Concentración Part (mg/m ³)	0,0417	0,0416
Concentración Part Max. (mg/m ³)	0,0153	4,718
Valor K (1/m)	0,000003	0,000003
Valor K Max (1/m)	0,000003	0,000004
CO (%)	0,000003	0,000003
CO2 (%)	0,236	0,242
Lambda	0,055	0,0424
O2 (%)	0,00444	0,00231

En cuanto a la concentración de partículas máxima tenemos la figura (ver Fig. 4.13) donde se presenta el incremento del 99,67% más el caso del valor K máximo es del 25%, en el factor lambda se observa una disminución del 22,91% y en el oxígeno del 47,97%. Se puede determinar que los escenarios más críticos se dan principalmente con la reducción del área de entrada de aire y luego las revoluciones del motor.

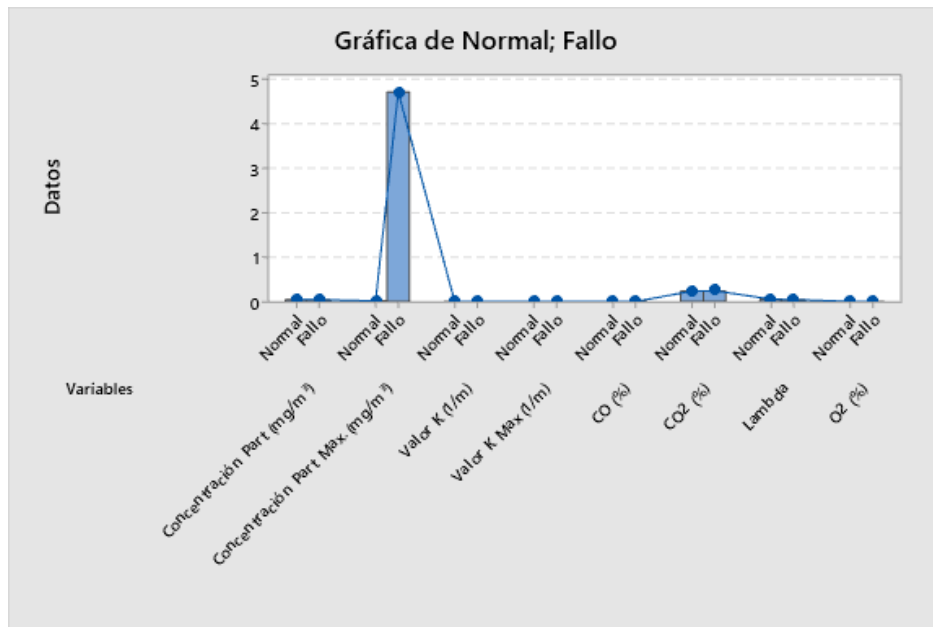


Figura 4.13. Gráfica de variables en estado normal y en falla. Fuente: Autor

5. CAPÍTULO

V. DISCUSIÓN

En lo que respecta al valor máximo con la regresión factorial de acuerdo con el oxígeno donde las fallas causadas por la reducción del área y las revoluciones nos muestra la figura (ver Fig. 5.1) sobre la gráfica de contorno se aprecian los valores más elevados en un rango de 18,8 a 19 y un dominio mayor a 0, 10. Se puede asegurar que la mayor concentración de partículas se va a dar reduciendo la entrada de aire en la admisión manteniendo el vehículo revolucionado en el nivel medio.

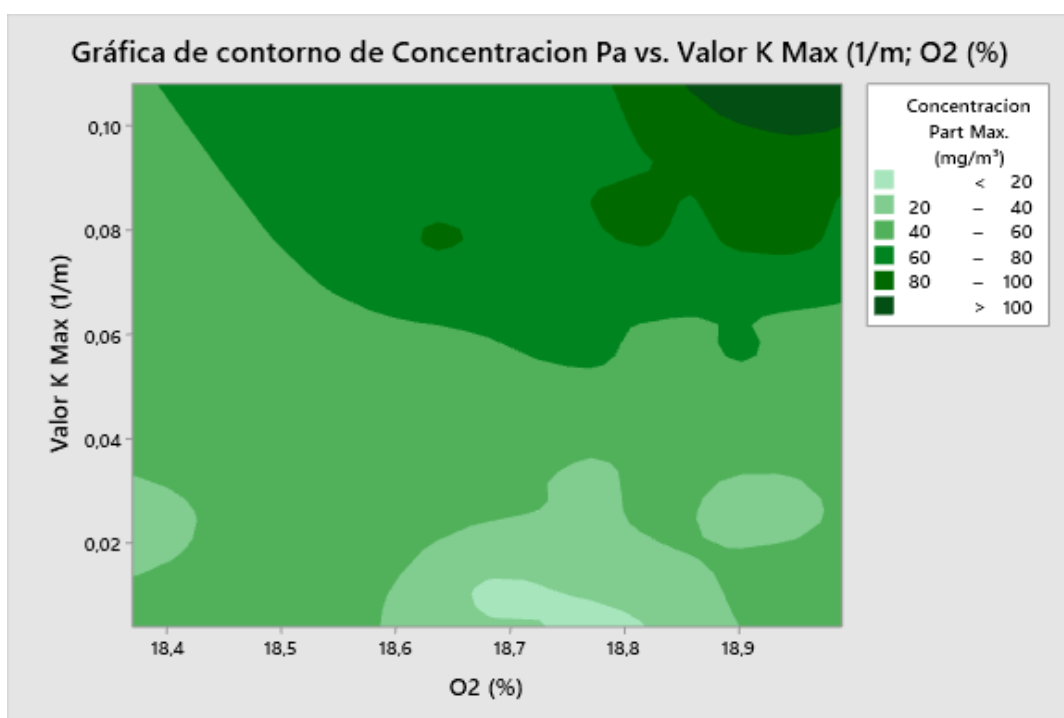


Figura 5.1. Grafica de contorno. Fuente: Autor

En la figura (ver Fig. 5.2) sobre la gráfica de superficie se puede observar que la concentración de partículas con el valor K tiende a crecer, pero el oxígeno provoca que descienda dándonos una zona bastante irregular presentando dos picos siendo uno positivo y el restante negativo. Ya que se reduce la entrada de aire se presenta una inestabilidad notoria con el oxígeno.

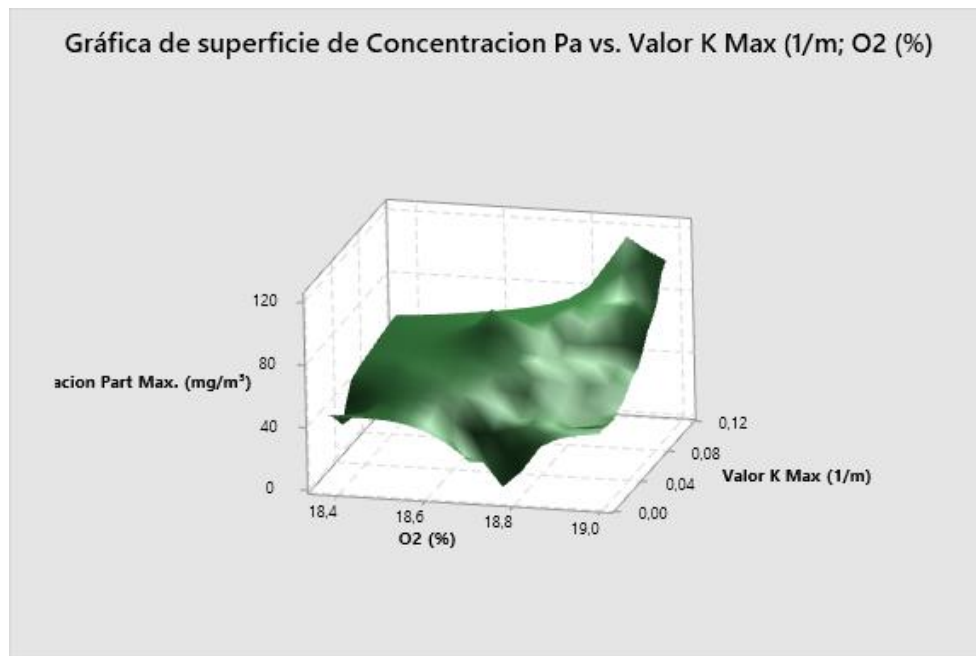


Figura 5.2. Grafica de superficie. Fuente Autor.

En lo que respecta a la desviación estándar la figura (ver Fig. 5.) sobre la gráfica de contorno se presentan los valores más altos en el rango de 0,10 hasta 0,14 con un dominio mayor a 0,008 aunque a lo largo del rango se presenta ya un cambio notorio en las concentraciones, es decir que puedo notar que la reducción de oxígeno nos está causando el aumento de opacidad siendo en ralentí el más crítico en comparación a las mayores revoluciones.

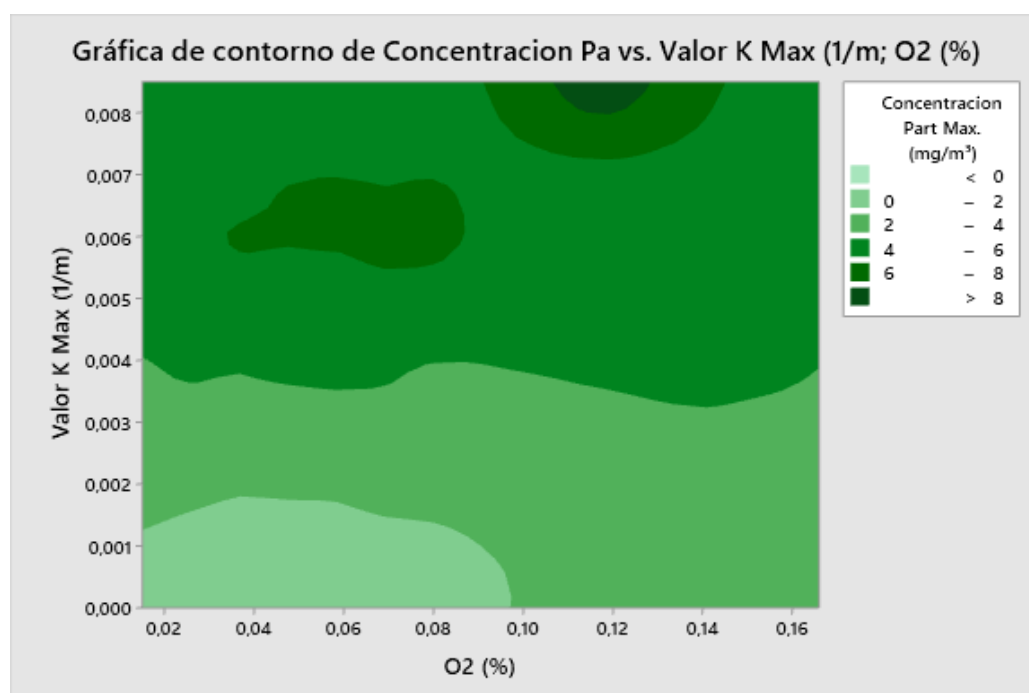


Figura 5.3. Grafica de contorno. Fuente: Autor

En cuanto a la figura (ver Fig. 5.4) sobre la gráfica de superficie se aprecia que por los valores de concentración y coeficiente de opacidad aumentan notablemente, pero el oxígeno, aunque un poco más estable que en el caso anterior tiende a bajar la superficie lo que me indica que la reducción de esta variable provoca que las otras dos incrementen, aunque por el transcurso del tiempo va ingresando más oxígeno tiende al aumentar un poco, no se notan picos y se aprecian regiones planares.

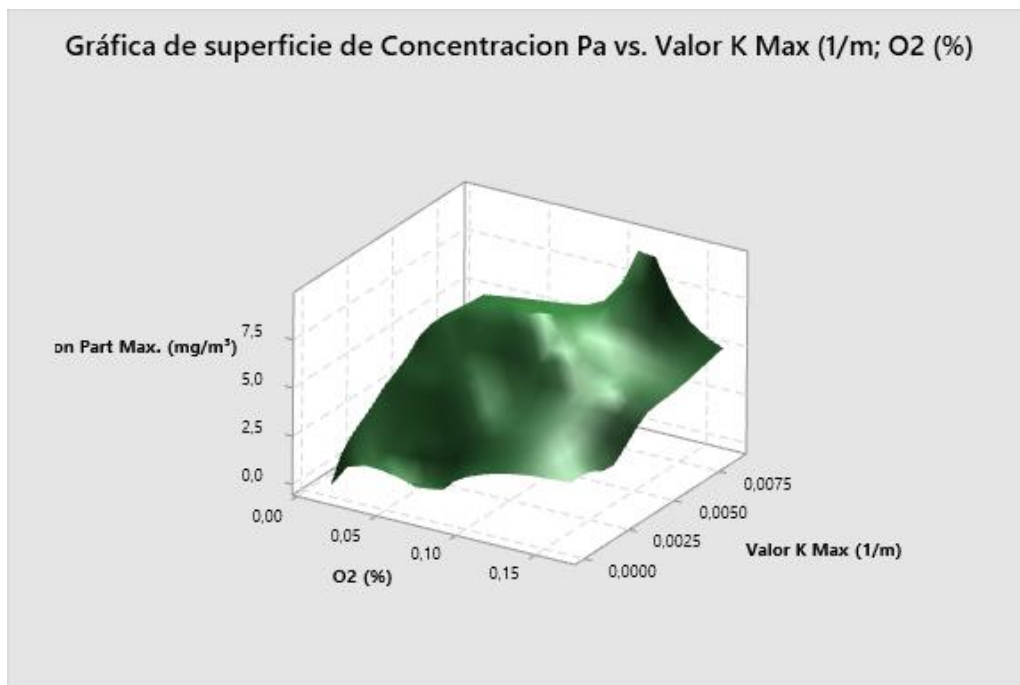


Figura 5.4. Gráfica de superficie. Fuente Autor.

En la varianza se tiene la figura (ver Fig. 5.5) sobre una gráfica de contorno donde se aprecia mayor relevancia en cuanto a la concentración de partículas máximo con un rango de 0,010 hasta 0,020 y un dominio mayor 0,00006. Aquí se presenta un factor más que es el caso del inyector, apreciándose que los mayores valores se encuentran casi en el centro del eje de las abscisas (oxígeno) que lo hace resaltar en comparación a las figuras 5.1 y 5.3. Nos indica que la cantidad de oxígeno que ingresa en la admisión sea irregular tiene influencia con la falla en los inyectores esto hace que exista una incorrecta dosificación ya que es encontrar un equilibrio para provocar el aumento de la opacidad.

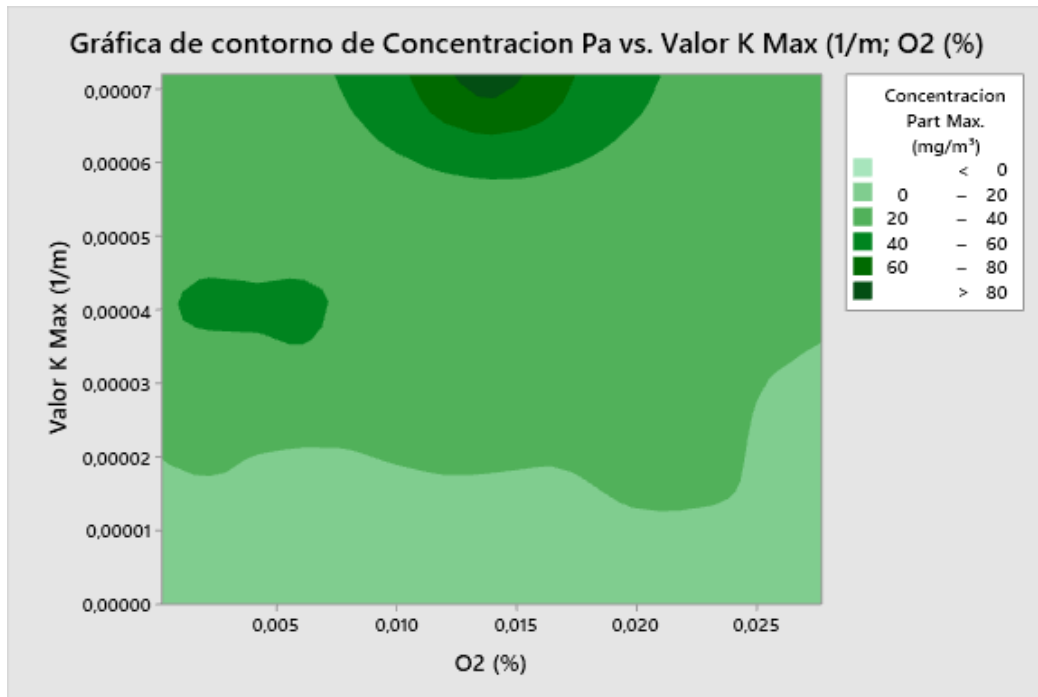


Figura 5.5. Gráfica de contorno. Fuente: Autor

Se presenta una figura (ver Fig. 5.6) sobre la superficie con zonas planas y mayormente picos positivos y con un aumento, aunque el oxígeno trata de permanecer estable, pero en cantidad reducida para lo que normalmente debería trabajar un motor, al agregarle la falla de inyección es lo que provoca el aumento de la concentración de partículas y el valor K.

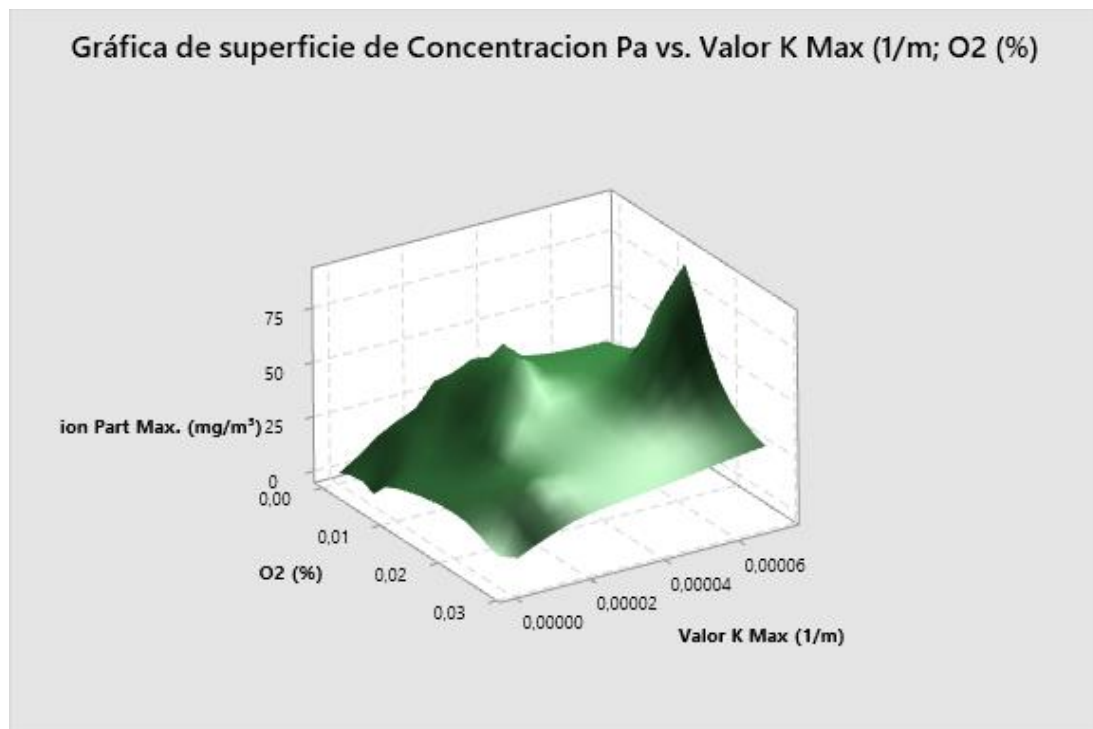


Figura 5.6. Gráfica de superficie. Fuente Autor.

CONCLUSIONES

En el motor Hyundai D4BB por medio del control de emisiones del equipo MAHA Met 6.3 se midió varios comportamientos, sobre todo a través de la admisión. Se tiene como falla crítica la restricción del aire en la admisión. Se consideró la significancia puntualmente en los inyectores para las siguientes experimentaciones provocar fallos en lo corresponde a la variación de emisiones.

Las fallas provocadas en los análisis de cada parte del motor se enfocaron en no comprometer daños perjudiciales al motor. Se determinaron fallas puntuales para provocarlas y tomar las medidas de fallo como dicto el diseño de experimento.

El equipo MAHA Met 6.3 y a través de su software permitió tomar datos gracias a sus filtros (principal, punto cero, condensado) encargados de procesar las emisiones obteniendo las medidas precisas. Las revoluciones a través de su sensor eran variables lo cual impidió una lectura continua, ubicarlo de manera correcta se tomaron datos estandarizados. Se considera seguir la metodología correcta para evitar los errores de lectura y proteger el equipo considerando la sonda de emisiones el cual podría averiarse estando mayor tiempo con altas temperaturas.

El continuar con el diseño de experimentos determino la relación que tuvieron las fallas sobre las emisiones aplicando tabulación a través de Minitab19® obteniendo también graficas interesantes. La creación de nuevas estrategias tomó datos necesarios considerando el cuidado de los equipos y reducir las variables de bloqueo estandarizando cada muestra tomada.

Las emisiones tomadas en consideración a la media, la mediana y los valores mínimos no son estadísticamente relevantes para tener un análisis y determinar los factores que se relacionan con las variables de salida correctas.

En las variables de salida, oxígeno y el factor lambda se consideró de relevancia cantidades notables al reducir la entrada de aire en la admisión. Se asegura que estas dos variables de respuesta son directamente proporcionales.

Provocar las fallas pudo notarse inestabilidad en las revoluciones del motor comparándolas en operación normal observadas desde el punto de vista numérico y visual más las vibraciones también se notaron, en ralentí se aprecia la diferencia comparando altas revoluciones, esto me permite decir son semejantes.

Para el motor Hyundai D4BB se consideró la metodología aplicada que incrementa el valor de las RPM son directamente proporcional a las emisiones emitidas sin embargo en

el experimento, se demostró en 830 a 1415 hubo un aumento de emisiones, sin embargo, al llevar al motor en 2500 RPM se redujeron las emisiones a su vez como falla crítica el nivel más bajo en cuanto al factor de revolución fue mayor relevante con el 60% de área. De manera inicial a través de la hipótesis en la investigación se demuestra que el comportamiento de la concentración de partículas con el coeficiente de opacidad (valor K) son directamente proporcionales ya que a pesar de provocar fallos estas dos variables siempre llevarán el mismo comportamiento.

RECOMENDACIONES

Esta investigación me permite diagnosticar emisiones de gases diésel provocando fallas descritas en el siguiente trabajo encaminado a la investigación con nuevas fallas, me permite determinar factores mencionando el requerir mayor tiempo el aumentando la cantidad de factores y niveles, considerando el diseño de experimento optimo seguro se encontrarían resultados relevantes acerca de la contaminación que emite un motor diésel. Se recomienda tener protección personal contra la inhalación de los gases contaminantes más guantes para evitar cortaduras y quemaduras.

Se considera realizar el diseño de experimento conjunto las características del motor, la ubicación geográfica del motor que se está ensayando se utilice sin manipular las condiciones externas manteniéndolas lo más cercano a la toma de datos inicial, sin variables que puedan interceder en la toma de datos o puedan perjudicar a la extracción de los mismos.

Se recomienda generar una planificación puntual e ir cumpliéndolas a medida que se vayan desarrollando la toma y verificación de datos con el fin de lograr una exitosa investigación.

REFERENCIAS

- (s.f.). Obtenido de Doble Via : <https://transporte.doblevia.org/normas-de-emisiones-euro/>
- A STUDY OF THE NOISE FROM DIESEL ENGINES USING THE INDEPENDENTCOMPONENT ANALYSIS. (2000). *Mechanical Systems and Signal Processing*.
- addlink. (01 de Enero de 2021). *addlink*. Obtenido de addlink: <https://www.addlink.es/productos/minitab-statistical-software>
- ARIAS, R. R. (2019). PROCEDIMIENTO DE DIAGNÓSTICO DE MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA DE ENCENDIDO POR COMPRESIÓN (MEC) MEDIANTE LAS EMISIONES DE GASES DE ESCAPE . Ibarra, Ecuador.
- Baumeister, T. (1984). Marks Manual del Ingeniero Mecánico. En T. Baumeister, *Manual del Ingeniero Mecánico* (pág. 200).
- Broja, J. P. (2009). Dinámica de los motores de pistones. En *Elementos de máquinas* (pág. 100). Iruña: Dpto. Ingeniería Mecánica, Energética y de Materiales.
- cae. (17 de Julio de 2017). *cae*. Obtenido de cae: <https://www.cae.net/es/que-es-laboratorio-de-informatica/>
- Catalog, A. T. (2015). *YES 01 YOUNG-IL EDUCATION SYSTEM*.
- Chomphan, S. (2013). Vibration Analysis of Gasoline Engine Faults. *American Journal of Applied Sciences 10*.
- Comercial, H.-4. -H. (2021). *Hyundai Comercial*. Obtenido de Available: <https://hyundaicomercialexcel.com/vehiculos-comerciales/hd-45/>. [Accessed: 24- Oct- 2021].
- ed.), M. d. (1982). *Edgar Kates*. Barcelona: Editorial Reverté.
- G. Chiatti, O. C. (2014). Energy Conversion and Management. *ELSEVIER*.
- Haldenwang, M. M. (s.f.). *maha.es*. Obtenido de <https://www.maha.es/es/productos/tecnologia-de-medicion-de-gases-de-escape/medidor-de-gases-de-emision/met-63~p2172>
- Hiromu Sakurai, H. J. (2003). On-line measurements of diesel nanoparticle composition and volatility. *ELSEVIER*.
- INEN. (2002). NORMA TECNICA ECUATORIANA NTE INEN 2 207:2002. *GESTION AMBIENTAL. AIRE. VEHICULOS AUTOMOTORES. LIMITES PERMITIDOS DE EMISIONES PRODUCIDAS POR FUENTES MOVILES TERRESTRES DE DIESEL*. Quito.
- INEN. (2013). NORMA TECNICA ECUATORIANA NTE INEN 2002:2013. *GESTIÓN AMBIENTAL. AIRE. VEHÍCULOS AUTOMOTORES. DETERMINACIÓN DE LA OPACIDAD DE EMISIONES DE ESCAPE DE MOTORES DE DIESEL MEDIANTE LA PRUEBA ESTÁTICA. MÉTODO DE ACELERACIÓN LIBRE*. Quito.
- Jarrin, P. F. (2015). "ANALISIS DE RESULTADOS DE LA MEDICION DE EMISIONES DE GASES CONTAMINANTES DE FUENTES MOVILES A PARTIR DE LA IMPLEMENTACION DE LA REVISION TECNICA VEHICULAR EN EL CANTON CUENCA". Cuenca, Ecuador.

- Juca, K. (2015). IDENTIFICACION DE ESPECTROS ACUSTICOS EN MOTORES DE COMBUSTION INTERNA A TRAVÉS DEL ANÁLISIS EN TIEMPOS CORTOS. *Tesis de grado*. Universidad Politecnica Salesiana .
- Kates, E. J., & Luck, W. E. (2003). *Motores diesel y de gas de alta compresion*. Barcelona: REVERTE, S. A.
- M, T. (Mayo de 2008). Metodologia para la aplicacion de experimentos (doe) en la industria. *Tesis (doctorado)*. Navarra, España: Universidad de Navarra.
- M. García, C. O. (2016). Análisis de Ruido en el Diseño y Construcción de una Cámara Semianecoica para Diagnóstico de Motores de Combustión Interna. *Información Tecnológica*.
- MAFLA ALVEAR, M., & ORTIZ GUACHAMIN, M. (2007). *METODOLOGIA PARA CERTIFICAR LA CALIBRACION DE ANALIZADORES DE GASES Y OPACIMETROS*. Quito: ESCUELA POLITECNICA NACIONAL.
- Menna. (2020). Obtenido de ComoFunciona: <https://como-funciona.co/el-diesel/>
- Minitab®, LLC. . (19 de 02 de 2022). *Soporte de Minitab 19*. Obtenido de <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/19/help-and-how-to/statistical-modeling/doe/how-to/factorial/analyze-factorial-design/interpret-the-results/key-results/?SID=128050>
- Molina, J. (2017.). DISEÑO DE UN MODELO PARA LA DISMINUCIÓN DE LAS EMISIONES DE ESCAPE EN UN MOTOR DIÉSEL HYUNDAI SANTA FE 2.0 CRDI MEDIANTE ANÁLISIS TERMOGRÁFICO. *Tesis de grado*. UNIVERSIDAD DE LOS ANDES.
- MORA VELASQUEZ, J. A., GONZALEZ GUALDRON, A. F., & VARGAS GOMEZ, N. O. (2015). *BOMBA DE INYECCIÓN ROTATIVA TIPO VE*. BOGOTÁ: UNIVERSIDAD ECCI.
- Napolitano, H. (2010). Diseño de Experimentos. *Educación en Ciencias Químicas*.
- ORTEGA GUERRÓN, L. F., & PUEDMAG CHUQUÍN, A. A. (2015). *ANÁLISIS DE LOS GASES CONTAMINANTES Y PUESTA A*. Ibarra: UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.
- PACHECO, L. S. (2007). Modulo Motores Diesel. Barranquilla.
- Panamito, A., Alfredo, J., Ocampo, S., & Ricardo, C. (2015). ESTUDIO DE LOS EFECTOS DE LA EGR SOBRE LA COMBUSTION DE UN MOTOR DE ENCENDIDO POR COMPRESION CRDI HYUNDAI SANTA FE 2.0 MEDIANTE EL ANALISIS DE VIBRACIONES. *Universidad Politecnica Salesiana*.
- questionpro. (3 de Noviembre de 2021). *questionpro*. Obtenido de questionpro: <https://www.questionpro.com/es/que-es-spss.html>
- Reşitoğlu, İ. A. (2015). The pollutant emissions from diesel-engine vehicles and exhaust aftertreatment systems. *Clean Techn Environ Policy*.
- Reynasa. (10 de Noviembre de 2020). *www.reynasa.e*. Obtenido de <https://www.reynasa.es/opacimetro-para-controlar-las-emisiones-de-los-diesel/?cn-reloaded=1>
- RODES. (5 de Agosto de 2015). Obtenido de Consumo excesivo de aceite en el motor diesel: <https://www.ro-des.com/mecanica/como-reparar-consumo-excesivo-de-aceite-en-el-motor/>
- Secundino, E. (2011). *Motores*. Macmillan Iberia, S.A.

- Tamés, M. D. (2013). Motores diésel: emisión de aerosoles de partículas y gases. *Instituto Nacional de seguridad e higiene en el trabajo* , 65.
- UNIVERSIDAD DE SEVILLA. (9 de Junio de 2021). *Departamiento de Física Aplicada III*. Obtenido de Ciclo Diesel:
http://laplace.us.es/wiki/index.php/Ciclo_Diesel#Representaci.C3.B3n_en_un_diagrama_T-S
- Vallejo, M. A. (2014). *Estudio Comparativo del Uso del Diesel Entre Europa y Ecuador, Utilizado para Motores de Vehículos*. . Puenbo, Quito, Ecuador.
- Vargas, E. A. (2017). *SISTEMA DE DIAGNOSTICO AUTOMOTRIZ MEDIANTE EL ANALISIS DE EMISIONES CONTAMINANTES CON LA APLICACION DE REDES NEURONALES PARA LA DETECCION DE FALLAS*". Cuenca, Ecuador.
- Zambrano Ruano, G., Rossi Sosa, C., & Hernandez Gaitan, J. (2014). Emision de gases en vehiculo experimental diesel-biodiesel. *Revista de la Universidad del Valle de Guatemala*.

ANEXO 1

Diseño factorial de múltiples niveles

Resumen del diseño

Factores:	3	Réplicas:	2	
Corridas	18	Total	de	36
base:		corridas:		
Bloques	1	Total	de	1
base:		bloques:		

Número de niveles: 3; 2; 3

Tabla de diseño (aleatorizada)

Corrida	Blq	A	B	C
1	1	2	2	1
2	1	2	1	3
3	1	1	1	2
4	1	3	1	3
5	1	2	1	1
6	1	2	2	3
7	1	2	1	2
8	1	1	1	2
9	1	1	2	2
10	1	3	1	2
11	1	3	1	1
12	1	1	1	3
13	1	1	1	1
14	1	3	2	2
15	1	2	1	3
16	1	2	2	2
17	1	3	2	3

18	1	3	2	1
19	1	3	2	1
20	1	1	2	1
21	1	1	2	3
22	1	2	2	2
23	1	2	1	2
24	1	1	2	1
25	1	1	1	1
26	1	3	2	2
27	1	3	1	1
28	1	3	1	3
29	1	3	2	3
30	1	1	2	2
31	1	2	1	1
32	1	1	1	3
33	1	3	1	2
34	1	2	2	1
35	1	1	2	3
36	1	2	2	3

ANEXO 2

Diseño experimental según el VALOR MAXIMO

↓	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16
OrdenEst	OrdenCorrida	TipoPt	Bloques	Area de la entrada de aire en l	Inyectores	Revoluciones del motor	Concentracion Part (mg/m ³)	Concentracion Part Max. (mg/m ³)	Valor K (l/m)	Valor K Max (l/m)	CO (%)	CO2 (%)	HC (ppm)	Lambda	O2 (%)	
1	28	1	1	1	60	2	830	8,83	89,50	0,080	0,081	0,015	21,6	1	8,577	18,93
2	27	2	1	1	60	1	2500	3,64	37,56	0,033	0,034	0,004	18,9	0	9,259	18,92
3	20	3	1	1	30	1	1400	4,41	44,19	0,040	0,040	0,006	19,1	2	9,255	18,91
4	33	4	1	1	90	1	2500	5,85	58,56	0,053	0,053	0,015	17,4	1	10,191	18,99
5	7	5	1	1	60	1	830	5,41	55,24	0,049	0,050	0,010	18,4	3	9,283	18,76
6	30	6	1	1	60	2	2500	5,52	55,24	0,050	0,050	0,012	19,5	3	8,180	18,40
7	8	7	1	1	60	1	1400	5,52	55,24	0,050	0,050	0,015	18,0	3	9,358	18,94
8	2	8	1	1	30	1	1400	9,06	90,60	0,082	0,082	0,021	22,1	3	8,129	18,92
9	23	9	1	1	30	2	1400	6,40	64,08	0,058	0,058	0,007	18,2	1	9,302	18,90
10	32	10	1	1	90	1	1400	5,85	58,56	0,053	0,053	0,057	29,9	9	5,823	18,46
11	13	11	1	1	90	1	830	3,53	36,46	0,032	0,033	0,010	19,8	2	8,701	18,76
12	3	12	1	1	30	1	2500	4,97	50,82	0,045	0,046	0,015	19,7	2	9,133	18,99
13	1	13	1	1	30	1	830	3,09	30,93	0,028	0,028	0,010	17,9	2	9,289	18,90
14	35	14	1	1	90	2	1400	5,19	51,93	0,047	0,047	0,104	28,4	37	6,240	18,61
15	9	15	1	1	60	1	2500	5,08	50,82	0,046	0,046	0,013	19,2	3	8,237	18,38
16	11	16	1	1	60	2	1400	4,86	48,61	0,044	0,044	0,009	20,2	4	8,591	18,91
17	18	17	1	1	90	2	2500	0,33	4,41	0,003	0,004	0,014	19,8	7	8,670	18,78
18	34	18	1	1	90	2	830	3,42	34,25	0,031	0,031	0,006	19,5	3	8,947	18,77
19	16	19	1	1	90	2	830	5,96	60,77	0,054	0,055	0,011	17,5	5	8,893	18,73
20	4	20	1	1	30	2	830	1,21	12,15	0,011	0,011	0,016	21,7	4	7,908	18,70
21	24	21	1	1	30	2	2500	2,87	28,72	0,026	0,026	0,008	20,5	3	8,133	18,37
22	29	22	1	1	60	2	1400	11,49	116,02	0,104	0,105	0,016	21,0	2	8,317	18,96
23	26	23	1	1	60	1	1400	5,19	51,93	0,047	0,047	0,014	17,4	5	9,813	18,97
24	22	24	1	1	30	2	830	4,08	40,88	0,037	0,037	0,012	17,5	4	9,751	18,87
25	19	25	1	1	30	1	830	3,20	32,04	0,029	0,029	0,012	18,8	2	8,971	18,94
26	17	26	1	1	90	2	1400	11,93	119,33	0,108	0,108	0,021	20,5	2	8,694	18,90
27	31	27	1	1	90	1	830	4,19	41,98	0,038	0,038	0,014	19,5	1	9,216	18,87
28	15	28	1	1	90	1	2500	7,95	79,55	0,072	0,072	0,022	22,2	2	7,805	18,74
29	36	29	1	1	90	2	2500	9,06	90,60	0,082	0,082	0,024	21,1	3	8,414	18,80
30	5	30	1	1	30	2	1400	5,41	54,14	0,049	0,049	0,009	19,2	1	9,101	18,80
31	25	31	1	1	60	1	830	4,64	46,40	0,042	0,042	0,009	19,9	2	8,676	18,93
32	21	32	1	1	30	1	2500	5,30	53,03	0,048	0,048	0,079	28,6	21	6,616	18,91
33	14	33	1	1	90	1	1400	6,29	62,98	0,057	0,057	0,011	17,2	4	9,823	18,77
34	10	34	1	1	60	2	830	4,64	46,40	0,042	0,042	0,006	17,6	3	10,009	18,98
35	6	35	1	1	30	2	2500	8,50	85,08	0,077	0,077	0,022	21,6	3	7,977	18,65
36	12	36	1	1	60	2	2500	5,74	57,45	0,052	0,052	0,060	30,1	13	6,310	18,62

Diseño experimental según la DESVIACION ESTANDAR

↓	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16
OrdenEst	OrdenCorrida	TipoPt	Bloques	Area de la entrada de aire en l	Inyectores	Revoluciones del motor	Concentracion Part (mg/m ³)	Concentracion Part Max. (mg/m ³)	Valor K (l/m)	Valor K Max (l/m)	CO (%)	CO2 (%)	HC (ppm)	Lambda	O2 (%)	
1	28	1	1	1	60	2	830	0,50020	5,6870	0,004547	0,002424	0,511	0,4956	0,1876	0,1060	
2	27	2	1	1	60	1	2500	0,26650	3,4020	0,002423	0,003080	0,001345	0,499	0,0000	0,2362	0,0815
3	20	3	1	1	30	1	1400	0,64670	6,2990	0,005857	0,005701	0,001475	0,445	0,5347	0,2089	0,0738
4	33	4	1	1	90	1	2500	0,48210	6,4380	0,004351	0,005826	0,001976	0,297	0,4948	0,1588	0,0342
5	7	5	1	1	60	1	830	0,36780	1,7320	0,003306	0,001567	0,001692	0,292	0,8661	0,1469	0,0497
6	30	6	1	1	60	2	2500	0,41930	3,5720	0,003777	0,003232	0,001959	0,230	0,9706	0,0966	0,0232
7	8	7	1	1	60	1	1400	0,40200	0,003621	0,002791	0,001673	0,475	0,7004	0,2243	0,0867	
8	2	8	1	1	30	1	1400	0,94810	9,3920	0,008590	0,008499	0,002568	0,541	1,0096	0,2020	0,1170
9	23	9	1	1	30	2	1400	0,67870	4,3410	0,006134	0,003929	0,002165	0,393	0,4914	0,1940	0,0500
10	32	10	1	1	90	1	1400	0,40700	4,5990	0,003670	0,004163	0,003580	0,375	1,9124	0,0884	0,1520
11	13	11	1	1	90	1	830	0,24020	2,1100	0,002182	0,001909	0,001795	0,383	0,4876	0,1514	0,0441
12	3	12	1	1	30	1	2500	0,40740	4,0320	0,003682	0,003650	0,002627	0,479	0,6192	0,2105	0,0694
13	1	13	1	1	30	1	830	0,20650	1,3960	0,001855	0,001264	0,001552	0,407	0,7450	0,1939	0,0444
14	35	14	1	1	90	2	1400	0,45790	4,9350	0,004136	0,004466	0,002732	0,531	6,3500	0,1241	0,1460
15	9	15	1	1	60	1	2500	0,36990	2,4490	0,003336	0,002218	0,002500	0,362	0,7185	0,1521	0,0328
16	11	16	1	1	60	2	1400	0,43200	0,6330	0,003917	0,000575	0,001900	0,423	0,8092	0,1779	0,0773
17	18	17	1	1	90	2	2500	0,11789	0,5927	0,001072	0,000537	0,001868	0,404	0,8144	0,1604	0,0563
18	34	18	1	1	90	2	830	0,20390	2,1720	0,001852	0,001965	0,001639	0,492	0,8416	0,2058	0,0480
19	16	19	1	1	90	2	830	0,39000	0,00000	0,003527	0,000000	0,001269	0,211	0,6174	0,0986	0,0151
20	4	20	1	1	30	2	830	0,26948	0,4020	0,002450	0,000364	0,002183	0,306	0,6476	0,1086	0,0727
21	24	21	1	1	30	2	2500	0,24520	1,0390	0,002198	0,000941	0,001841	0,395	0,8625	0,1498	0,0383
22	29	22	1	1	60	2	1400	0,57720	3,8100	0,005235	0,003444	0,002573	0,399	0,6877	0,1546	0,0747
23	26	23	1	1	60	1	1400	0,31240	0,8680	0,002809	0,000785	0,002873	0,313	0,8903	0,1756	0,0360
24	22	24	1	1	30	2	830	0,42810	4,2500	0,003881	0,003846	0,002006	0,350	5,5796	0,1762	0,0283
25	19	25	1	1	30	1	830	0,23160	1,5750	0,002090	0,001425	0,002223	0,430	0,7352	0,1927	0,0373
26	17	26	1	1	90	2	1400	0,59800	6,9800	0,005432	0,006320	0,002107	0,437	0,7676	0,1712	0,0537
27	31	27	1	1	90	1	830	0,30000	1,2340	0,002728	0,001117	0,002054	0,493	0,4941	0,2073	0,0507
28	15	28	1	1	90	1	2500	0,55610	6,8850	0,005018	0,006233	0,002801	0,427	0,4745	0,1460	0,0770
29	36	29	1	1	90	2	2500	0,41330	4,2590	0,003755	0,003855	0,003257	0,395	0,9032	0,1496	0,0621
30	5	30	1	1	30	2	1400	0,43550	4,8990	0,003927	0,004431	0,001467	0,320	0,4611	0,1452	0,0510
31	25	31	1	1	60	1	830	0,43670	5,9970	0,003957	0,005428	0,001443	0,333	0,7489	0,1371	0,0518
32	21	32	1	1	30	1	2500	0,36400	2,4500	0,003273	0,002217	0,004606	0,606	4,3000	0,1479	0,1660
33	14	33	1	1	90	1	1400	0,53040	5,6610	0,004810	0,005123	0,001902	0,417	0,3619	0,2182	0,0261
34	10	34	1	1	60	2	830	0,38860	3,8780	0,003528	0,003510	0,001715	0,415	0,6325	0,2147	0,0426
35	6	35	1	1	30	2	2500	0,65710	6,4630	0,005946	0,005848	0,002845	0,326	9,9098	0,1226	0,0709
36	12	36	1	1	60	2	2500	0,37140	3,1700	0,003347	0,002869	0,002853	0,682	3,0310	0,1432	0,1660

Diseño experimental según la VARIANZA

↓	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16
	OrdenEst	OrdenCorrida	TipoPt	Bloques	Area de la entrada de aire en l	Inyectores	Revoluciones del motor	Concentracion Part (mg/m³)	Concentracion Part Max. (mg/m³)	Valor K (1/m)	Valor K Max (1/m)	CO (%)	CO2 (%)	HC (ppm)	Lambda	O2 (%)
1	28	1	1	1	60	2	830	0,25200	32,3430	0,000021	0,000026	0,000006	0,2610	0,2457	0,03520	0,011300
2	27	2	1	1	60	1	2500	0,07100	11,5720	0,000006	0,000009	0,000002	0,2490	0,00000	0,05580	0,006650
3	20	3	1	1	30	1	1400	0,41830	39,6740	0,000034	0,000033	0,000002	0,1980	0,2859	0,04360	0,005450
4	33	4	1	1	90	1	2500	0,23240	41,4440	0,000019	0,000034	0,000004	0,0883	0,2449	0,02520	0,001170
5	7	5	1	1	60	1	830	0,13530	3,0000	0,000011	0,000002	0,000003	0,0851	0,7501	0,02160	0,002470
6	30	6	1	1	60	2	2500	0,17580	12,7570	0,000014	0,000010	0,000004	0,0530	0,9422	0,00933	0,000540
7	8	7	1	1	60	1	1400	0,16160	9,5160	0,000013	0,000008	0,000003	0,2250	0,4906	0,05030	0,007510
8	2	8	1	1	30	1	1400	0,89890	88,2190	0,000074	0,000072	0,000007	0,2930	1,0193	0,04080	0,013800
9	23	9	1	1	30	2	1400	0,40600	18,8440	0,000038	0,000015	0,000005	0,1550	0,2415	0,03760	0,002500
10	32	10	1	1	90	1	1400	0,16560	21,1480	0,000013	0,000017	0,000013	0,1410	3,6574	0,00781	0,023000
11	13	11	1	1	90	1	830	0,05770	4,4510	0,000005	0,000004	0,000003	0,1460	0,2377	0,02290	0,001950
12	3	12	1	1	90	1	2500	0,16600	16,2580	0,000014	0,000013	0,000007	0,2300	0,3834	0,04430	0,004820
13	1	13	1	1	30	1	830	0,04260	1,9500	0,000003	0,000002	0,000002	0,1660	0,5550	0,03760	0,001970
14	35	14	1	1	90	2	1400	0,20960	24,3580	0,000017	0,000020	0,000007	0,2820	40,3220	0,01540	0,021300
15	9	15	1	1	60	1	2500	0,13680	6,0000	0,000011	0,000005	0,000006	0,1310	0,5163	0,02310	0,001080
16	11	16	1	1	60	2	1400	0,18660	0,4010	0,000015	0,000000	0,000004	0,1790	0,6549	0,03160	0,005980
17	18	17	1	1	90	2	2500	0,01390	0,3513	0,000001	0,000000	0,000003	0,1630	0,6632	0,02570	0,003170
18	34	18	1	1	90	2	830	0,04160	4,7180	0,000003	0,000004	0,000003	0,2420	0,7082	0,04240	0,002310
19	16	19	1	1	90	2	830	0,15210	0,0000	0,000012	0,000000	0,000002	0,0446	0,3811	0,00973	0,000228
20	4	20	1	1	30	2	830	0,07262	0,1620	0,000006	0,000000	0,000005	0,0937	0,4194	0,01180	0,000529
21	24	21	1	1	30	2	2500	0,06010	1,0790	0,000005	0,000001	0,000003	0,1560	0,7439	0,02240	0,001460
22	29	22	1	1	60	2	1400	0,33310	14,4800	0,000027	0,000012	0,000007	0,1590	0,4730	0,02390	0,005590
23	26	23	1	1	60	1	1400	0,09760	0,7530	0,000008	0,000001	0,000008	0,0977	0,7927	0,03080	0,001300
24	22	24	1	1	30	2	830	0,18330	18,0620	0,000015	0,000015	0,000004	0,1230	0,3360	0,03100	0,000798
25	19	25	1	1	30	1	830	0,05340	2,4800	0,000004	0,000002	0,000005	0,1850	0,5406	0,03710	0,001390
26	17	26	1	1	90	2	1400	0,35800	48,7000	0,000030	0,000040	0,000004	0,1910	0,5982	0,02930	0,002880
27	31	27	1	1	90	1	830	0,09000	1,5220	0,000007	0,000001	0,000004	0,2430	0,2441	0,04300	0,002570
28	15	28	1	1	90	1	2500	0,30920	47,4080	0,000025	0,000039	0,000008	0,1820	0,2251	0,02130	0,005930
29	36	29	1	1	90	2	2500	0,17080	18,1350	0,000014	0,000015	0,000011	0,1560	0,8158	0,02240	0,000380
30	5	30	1	1	30	2	1400	0,18970	23,9950	0,000015	0,000020	0,000002	0,1020	0,2126	0,02110	0,002600
31	25	31	1	1	60	1	830	0,19070	35,9630	0,000016	0,000029	0,000002	0,1110	0,5609	0,01980	0,002680
32	21	32	1	1	30	1	2500	0,13250	6,0020	0,000011	0,000005	0,000021	0,3670	18,4930	0,02190	0,027700
33	14	33	1	1	90	1	1400	0,28130	32,0520	0,000023	0,000025	0,000004	0,1740	1,1309	0,04760	0,000680
34	10	34	1	1	60	2	830	0,15100	15,0390	0,000012	0,000012	0,000003	0,1720	0,4000	0,04610	0,001820
35	6	35	1	1	30	2	2500	0,43170	41,7680	0,000035	0,000034	0,000008	0,1060	0,8277	0,01500	0,005020
36	12	36	1	1	60	2	2500	0,13800	10,0460	0,000011	0,000008	0,000008	0,4650	9,1880	0,02050	0,027600

Datos de las muestras y valores estadísticos en las diferentes revoluciones del motor (830, 1415, 2500 RPM)

Minitab - ANALISIS NORMAL FILTRO.mpx

Estadísticos descriptivos: Co...

Estadísticos descriptivos: Concentracion Part (mg/m³); Concentracion Part Max. (mg/m³); Valor K (1/m); Valor K Max ...

Estadísticas

Variable	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Varianza	Mínimo	Mediana
Concentracion Part (mg/m³)	2,3366	0,00612	0,2042	0,0417	1,7600	2,3200
Concentracion Part Max. (mg/m³)	30,922	0,00371	0,124	0,0153	28,720	30,930
Valor K (1/m)	0,021183	0,000055	0,0001823	0,000003	0,016000	0,021000
Valor K Max (1/m)	0,027993	0,000003	0,000112	0,000000	0,026000	0,028000
CO (%)	0,007295	0,000051	0,001711	0,000003	0,002000	0,008000
CO2 (%)	18,101	0,0146	0,486	0,236	15,700	18,300
Lambda	8,0914	0,00703	0,2346	0,0550	7,9110	7,9940
O2 (%)	18,334	0,00200	0,0666	0,00444	18,300	18,310

Variable Máximo

Variable	Máximo
Concentracion Part (mg/m³)	3,000

↓	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
	RPM (1/min)	Temp. Aceite (°C)	Concentracion Part (mg/m³)	Concentracion Part Max. (mg/m³)	Valor K (1/m)	Valor K Max (1/m)	CO (%)	CO2 (%)	HC (ppm)	Lambda
1	833	80	2,87	28,7200	0,026	0,026	0,002	15,7000	0	9,476
2	833	81	2,87	28,7200	0,026	0,026	0,002	15,7000	0	9,476
3	833	81	2,87	28,7200	0,026	0,026	0,002	15,7000	0	9,476
4	833	81	2,98	29,8300	0,027	0,027	0,002	15,7000	0	9,476
5	833	81	2,98	29,8300	0,027	0,027	0,002	15,7000	0	9,476
6	833	80	3,09	30,9300	0,028	0,028	0,002	16,1000	0	9,183
7	833	81	2,98	30,9300	0,027	0,028	0,002	16,1000	0	9,183
8	833	80	2,98	30,9300	0,027	0,028	0,002	16,1000	0	9,183
9	833	81	2,98	30,9300	0,027	0,028	0,002	16,1000	0	9,183
10	833	80	2,87	30,9300	0,026	0,028	0,002	16,1000	0	9,183

ANEXO 3

Ajuste de la aceleración para mantener estable las revoluciones del motor



Observación del número de las revoluciones del motor



Toma de datos de las emisiones de gases



Ubicación de la sonda dentro del escape



ANEXO 4

Guía de práctica


		FORMATO DE GUÍA DE PRÁCTICA MOTORES DE ENCENDIDO PROVOCADO
CARRERA: INGENIERÍA AUTOMOTRIZ		ASIGNATURA: MEC
Nº DE PRÁCTICA:	1	TÍTULO PRÁCTICA: SISTEMA DE EMISIONES DEL MOTOR DIÉSEL
1. OBJETIVOS 1.1 OBJETIVO GENERAL. <ul style="list-style-type: none"> • Utilizar de manera correcta los equipos del patio taller. 		
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS <ul style="list-style-type: none"> • Aprender sobre los elementos del analizador. • Conectar correctamente los elementos. • Estudiar los resultados. 		
INSTRUCCIONES:	2. SUSTENTO TEORICO El analizador de gases permite generar un diagnóstico al motor a diésel, ayudando a determinar la proporción de emisiones que está expulsando el motor. Durante la combustión del motor se crean distintos tipos de gases que tienen que ver con el monóxido de carbono, dióxido de carbono, hidrocarburos, nitrógeno, entre más. Mediante la observación de los resultados que se proporciona con el uso del analizador, se logra evaluar el desempeño del motor y determinar algún inconveniente o efecto adverso en el proceso de la combustión. El analizador incorpora un componente especial que tiene la capacidad de resistir altas temperaturas al ser ubicada en la salida del tubo de escape, y esto permite que la unidad de medición analice concretamente los gases recolectados. Por medio de la participación de dos tipos de sensores se obtiene la composición individual de cada uno de los gases. Existe un sensor que, a través de la detección de energía infrarroja, la misma que es absorbida por las moléculas que se originan en la emisión, va a medir la presencia de hidrocarburos (<i>HC</i>), monóxido de carbono (<i>CO</i>) y dióxido de carbono (<i>CO₂</i>). El sensor electroquímico por su parte hace que las partículas se expongan a un flujo eléctrico y sean sometidos a una reacción química, de esta manera puede medir la concentración de oxígeno (<i>O₂</i>), óxido de nitrógeno (<i>NO</i>), dióxido de nitrógeno (<i>NO₂</i>). Características del analizador MET 6.3: <ul style="list-style-type: none"> - Breve calentamiento del equipo previo a su utilización. - Efectiva separación del agua condensada con incorporación de sistema avanzado. - Análisis y medición en tiempo real distintos tipos de gases en la emisión del motor. 	



Figura 1. Analizador de gases MAHA MET 6.3 **Fuente:** <https://www.maha.com/>

El dispositivo AVL Ditest Speed 2000 permite efectuar mediciones de manera ágil en relación con las revoluciones en la que se encuentra operando el motor a gasoil. La medición lo registra directamente el sensor de combinación magnético a través de la vibración y el sonido que produce el motor, cuando éste está funcionando. El sensor tiene la capacidad de captar el sonido vibratorio del motor y el sonido que es transmitido mediante aire a causa del ruido del motor, de esta manera los rpm son detectadas.



Figura 2. Sensor permanente con pie magnético **Fuente:** https://www.maha.com

3. RECURSOS:**3.1 Herramientas y equipos:**

- Ordenador
- Analizador de gases.
- Motor diésel.
- Softwares del analizador

3.2 Materiales e insumos:

- Franela.
- Material fungible.

3.3 Material Didáctico:







- Diapositivas.
- Multimedia.

3.4 Equipos de seguridad:

- Overol.
- Botas con punta de acero.
- Gafas de protección.
- Guantes de seguridad.

4. RECONOCIMIENTO DEL EQUIPO

Elemento	
Analizador de gases de escape MET 6.3	 <p data-bbox="783 1234 1018 1279">Figura 3. Elemento 1 Fuente: MAHA</p>
Filtro de condensado	 <p data-bbox="815 1447 986 1491">Figura 4. Elemento 2 Fuente: MAHA</p>
Sonda de temperatura del aceite	 <p data-bbox="815 1597 986 1641">Figura 5. Elemento 3 Fuente: MAHA</p>





Sonda de medición con tubo de acero	 <p>Figura 6. Elemento 4 Fuente: MAHA</p>	
Contador de revoluciones	 <p>Figura 7. Elemento 5 Fuente: MAHA</p>	
Tanque colector de condensado	 <p>Figura 8. Elemento 6 Fuente: MAHA</p>	
Manguera de drenaje	 <p>Figura 9. elemento 7 Fuente: MAHA</p>	
Cable LAN	 <p>Figura 10. Elemento 8 Fuente: MAHA</p>	
Cable Dual AVL	 <p>Figura 11. Elemento 9 Fuente: MAHA</p>	

Filtros	 <p>Figura 12. Elemento 10 Fuente: MAHA</p>
Sensor de oxígeno	 <p>Figura 13. Elemento 11 Fuente: MAHA</p>

Tabla 1. Componentes del analizador Fuente: MAHA

5. PROCEDIMIENTO:

1. Conexiones

Nº	Tipo	Entrada	Salida
1	Comunicación de red	 <p>Figura 14. Entrada LAN Fuente: Autor</p>	 <p>Figura 15. Entrada LAN Fuente: Autor</p>
2	Comunicación de sensor de RPM	<p>Puerto de conexión RPM del analizador</p>  <p>Figura 16. Conector Fuente: Autor</p>	<p>Conector de señal para AVL</p>  <p>Figura 17. AVL Fuente: Autor</p>




3	Sonda de emisiones	 <p>Figura 18. Conexión Fuente: Autor</p>	 <p>Figura 19. Filtro Fuente: Autor</p>
4	Purgado	 <p>Figura 20. Salida de condensación Fuente: Autor</p>	 <p>Figura 21. Purga Fuente: Autor</p>
5	Sensor de temperatura	 <p>Figura 22. Cable de conexión Fuente: Autor</p>	 <p>Figura 23. Sonda temperatura Fuente: Autor</p>
6	Alimentación del analizador	 <p>Figura 24. Alimentación analizador Fuente: Autor</p>	 <p>Figura 25. Cable Fuente: Autor</p>
7	Alimentación AVL	 <p>Figura 26. AVL Fuente: Autor</p>	 <p>Figura 27. Cable Fuente: Autor</p>
8	Señal Dual del AVL	<p>Puerto VGA</p>  <p>Figura 28. Conexión AVL Fuente: Autor</p>	<p>Sensor de registro de rpm montada en el escape del motor</p> 





			Figura 29. Sensor de combinación Fuente: Autor
9	Filtros	 Figura 30. Filtro Fuente: Autor	 Figura 31. Sonda de emisión Fuente: Autor
10	Filtros de prueba	 Figura 32. Filtro para medición de estanquidad Fuente: Autor	 Figura 33. Cable de hermeticidad Fuente: Autor

Tabla 2. Conexiones de los elementos Fuente: Autor

- La sonda de medición de temperatura del motor debe emparejarse con la varilla medidora del nivel de aceite. Se tiene que asegurar que la sonda quede a la misma medida de longitud con respecto a la varilla, caso contrario se perjudicaría al motor.

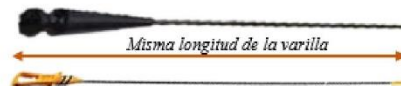


Figura 34. Calibración de la sonda de temperatura Fuente: Autor

! Nota: El estudiante debe percatarse cuidadosamente que la sonda de temperatura tenga el ajuste de tamaño igual a la varilla de aceite, con el afán de evitar en poner en peligro la condición óptima del motor.

- Se realiza el encendido del analizador, pulsando el interruptor en estado ON.



Figura 35. Inicio del equipo Fuente: Autor

4. Ejecutar en el computador el software EuroSystem.



Figura 36. Software EuroSystem Fuente: Autor

5. En el menú principal del programa se selecciona la opción *Prueba*.

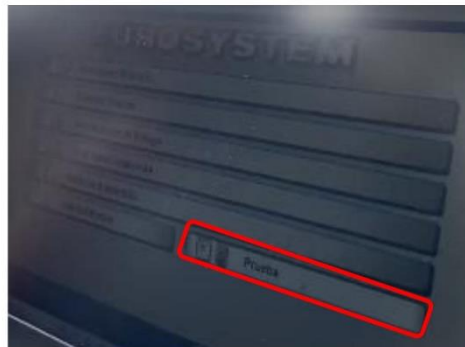


Figura 37. Inicio del software Fuente: Auto

6. Dar clic en la opción *Medición Gases*.



Figura 38. Selección del tipo de medición **Fuente:** Autor

7. Se selecciona el tipo de motor a analizar en la práctica, que en nuestro caso de estudio sería a Diésel.



Figura 39. Selección del tipo de motor **Fuente:** Autor

8. Manualmente se desarrolla las siguientes pruebas de calentamiento del dispositivo, seleccionando primero *Mediciones de gases estática* y luego el programa *F2 (Auto A)*.

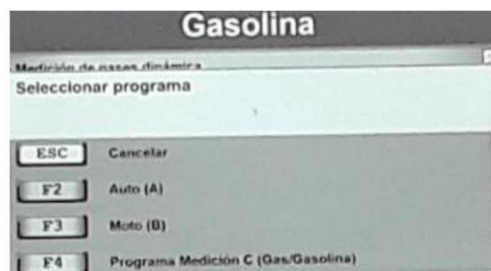


Figura 40. Programa de ejecución de prueba
Fuente: Autor

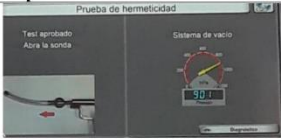


Tipo de prueba	
Prueba 1	 <p>Figura 41. Medición Fuente: Autor</p>
Prueba 2	 <p>Figura 42. Medición Fuente: Autor</p>
Prueba 3	 <p>Figura 43. Medición Fuente: Autor</p>

Tabla 3. Pruebas del enlazador **Fuente:** MAHA

9. Dado por concluido las pruebas anteriores, se selecciona *Diagnóstico de vehículo* para la obtención de valores de las pruebas continuas.

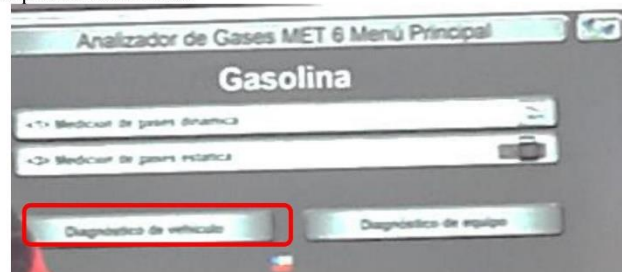


Figura 44. Selección del diagnóstico
Fuente: Autor

10. Se muestra el panel de las diferentes pruebas continuas en tiempo real, con lo que se puede recolectar los datos de las emisiones.



Figura 45. Valores de medición

Fuente: Autor

11. Se inicia la ejecución de la segunda aplicación denominada como *MAHA Emission Software*, la misma que es necesaria para las verificaciones de las ondas de los elementos medidos.

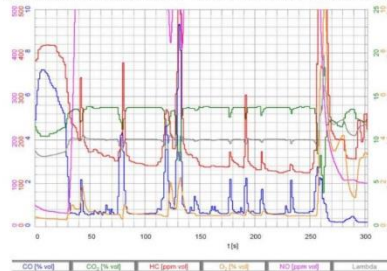


Figura 46. Ondas de emisiones

Fuente: Autor

Para observar los datos obtenidos en el analizador se sigue el siguiente proceso.
 Archivo > Exportar a CCB > *Digitat nombre del archivo* > *Selección de ruta del archivo* > Guardar