



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE LOS EQUIPOS DE
DIAGNÓSTICO MET 6.1 Y MGT 5 EN LAS PRUEBAS DE GASES
QUE SE REALIZAN EN CENTROS DE REVISIÓN TÉCNICA
VEHICULAR**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

AUTORES:

LUIS ANTONIO NAULA ZHAO

LUIS ANDRÉS ROMERO ZAMBRANO

Riobamba - Ecuador

2023



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE LOS EQUIPOS DE
DIAGNÓSTICO MET 6.1 Y MGT 5 EN LAS PRUEBAS DE GASES
QUE SE REALIZAN EN CENTROS DE REVISIÓN TÉCNICA
VEHICULAR**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

AUTORES: LUIS ANTONIO NAULA ZHAO

LUIS ANDRÉS ROMERO ZAMBRANO

DIRECTOR: Ing. MILTON ISRAEL QUINGA MORALES

Riobamba – Ecuador

2023

©2023, Luis Antonio Naula Zhao & Luis Andrés Romero Zambrano

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

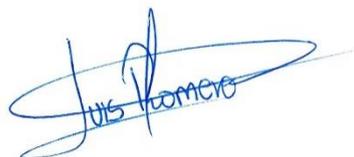
Nosotros, LUIS ANTONIO NAULA ZHAO Y LUIS ANDRES ROMERO ZAMBRANO, declaramos que el presente Trabajo de Integración Curricular es de nuestra autoría y los resultados de estos son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular. El patrimonio pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 01 de junio de 2023



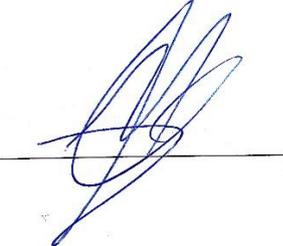
Luis Antonio Naula Zhao
030279866-5



Luis Andrés Romero Zambrano
070614903-6

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto de Investigación, **ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE LOS EQUIPOS DE DIAGNÓSTICO MET 6.1 Y MGT 5 EN LAS PRUEBAS DE GASES QUE SE REALIZAN EN CENTROS DE REVISIÓN TÉCNICA VEHICULAR**, realizado por los señores: **LUIS ANTONIO NAULA ZHAO** y **LUIS ANDRÉS ROMERO ZAMBRANO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales; en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Elvis Enrique Arguello PRESIDENTE DEL TRIBUNAL.		2023-06-01
Ing. Milton Israel Quinga Morales DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR.		2023-06-01
Ing. Ing. Paul Alejandro Montufar Paz ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR.		2023-06-01

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios como agradecimiento a esta gran oportunidad que me ha brindado y la supe aprovechar. A mis queridos padres Zoila y Luis que algún día dejaron todo y por fin pueden ver el fruto de su esfuerzo, a mi abuela María Jesús que sin su sabiduría no estaría alcanzando esta meta, a mis hermanos Diego y Jorge a los cuales los admiro y les aprecio, no podía olvidarme de la persona que más ha insistido que no me rindiera por este objetivo Mariuxi. Sin el apoyo de ustedes esto no hubiera sido posible.

Luis

El presente trabajo se lo dedico a Dios por permitirme tener la fuerza y valentía de a ver logrado una nueva etapa de mi vida. A mis padres Jorge Romero y Yolanda Zambrano, quienes me han impartido consejos, cariño y sobre todo su esfuerzo a ver logrado una nueva etapa de mi vida, que me ha permitido llegar hoy a lo que soy. A mis hermanos Mayra y Gabriel que con su cariño y apoyo han sido un pilar fundamental, que me motivaron a seguir adelante. A toda mi familia por sus consejos y palabras de aliento, que me supieron guiar por el buen camino. A todos ellos mi gratitud.

Luis

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios por brindarme la salud y la fortaleza en este periodo de aprendizajes, de igual manera a la carrera de ingeniería automotriz por contar con docentes de alto nivel que han sabido compartir sus conocimientos y preparar para la vida laboral. Una vez más agradecido con mis padres y todo su esfuerzo, también con todos mis amigos que han sido parte de esta etapa en especial a Juan el cual fue un buen compañero de apoyo para lograr esta meta.

Luis

En primer lugar, me gustaría expresar mi agradecimiento a ti Dios por bendecirme para poder llegar donde he llegado, por qué hiciste que se haga realidad este sueño.

Asimismo, agradecer a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO por permitirme la oportunidad de estudiar y ser un profesional.

Pero el presente trabajo de tesis es también fruto del reconocimiento y del apoyo vital que nos ofrecen las personas que nos estiman, sin el cual no tendríamos la fuerza energía que nos anima a crecer como personas y como profesionales.

Gracias a mi familia, a mis padres Yolanda Zambrano y Jorge Romero, mis hermanos Mayra y Gabriel, por su paciencia, comprensión y solidaridad con este proceso, por el tiempo que me han concedido. Sin su apoyo este trabajo nunca se habría escrito y, por eso, este trabajo es también suyo.

A todos, muchas gracias.

Luis

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiv
RESUMEN.....	xv
SUMMARY	xvi
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	3
1.1. Planteamiento del problema.....	3
1.2. Limitaciones y delimitaciones.....	3
1.2.1. <i>Limitaciones</i>	3
1.2.2. <i>Delimitaciones</i>	4
1.3. Problema General de Investigación	4
1.4. Problemas específicos de investigación.....	4
1.5. Objetivos.....	5
1.5.1. <i>Objetivo general</i>	5
1.5.2. <i>Objetivos específicos</i>	5
1.6. Justificación.....	5
1.6.1. <i>Justificación Teórica</i>	5
1.6.2. <i>Justificación Metodológica</i>	6
1.6.3. <i>Justificación Práctica</i>	6
1.7. Hipótesis.....	6
1.7.1. <i>Hipótesis de la investigación</i>	6
1.7.2. <i>Hipótesis Nula</i>	7

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.....	8
2.1. Antecedentes de investigación.....	8
2.2. Referencias teóricas	9
2.2.1. <i>Centro de revisión técnica vehicular de la mancomunidad de Tungurahua</i>	9
2.2.2. <i>Principios y normas aplicados en los centros de revisión vehicular</i>	10

2.2.2.1.	<i>Función y objetivos de un centro de revisión vehicular</i>	10
2.2.2.2.	<i>Proceso de calificación de una revisión técnica vehicular</i>	11
2.2.2.3.	<i>Criterios para la clasificación de los defectos.</i>	11
2.2.2.4.	<i>Equipos necesarios para la Revisión técnica vehicular.</i>	12
2.2.2.5.	<i>Control de emisiones de gases Contaminantes.</i>	13
2.2.2.6.	<i>Requerimientos técnicos de los analizadores de gases.</i>	14
2.2.3.	Motores a gasolina.	15
2.2.3.1.	<i>Ciclo otto teórico.</i>	16
2.2.3.2.	<i>Combustión en MEP.</i>	16
2.2.4.	Analizadores de gases.	20
2.2.4.1.	<i>Principio de funcionamiento.</i>	20
2.2.4.2.	<i>Elementos esenciales que componen un analizador de gases</i>	21
2.2.4.3.	<i>Lambda...</i>	22
2.2.4.4.	<i>Analizador MET 6.1.</i>	22
2.2.4.5.	<i>Analizador MGT 5</i>	25

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	28
3.1.	Enfoque de investigación	28
3.2.	Nivel de investigación.	29
3.3.	Diseño de investigación.	29
3.3.1.	<i>Diseño de investigación experimental</i>	29
3.3.1.1.	<i>Esquema del diseño de la investigación</i>	30
3.3.1.2.	<i>Identificación y operacionalización de variables</i>	30
3.4.	Tipo de estudio.	31
3.4.1.	<i>Estudio bibliográfico – documental y campo</i>	31
3.5.	Población y Planificación, selección y cálculo del tamaño de la muestra	32
3.5.1.	<i>Población</i>	32
3.5.2.	<i>Selección de la población a estudiar</i>	32
3.5.3.	<i>Muestra</i>	34
3.5.4.	<i>Determinación del tamaño de la muestra</i>	35
3.5.4.1.	<i>Varianza de una proporción</i>	36
3.5.4.2.	<i>Nivel de confianza</i>	36
3.5.4.3.	<i>Error muestral</i>	37
3.5.4.4.	<i>Cálculo del tamaño de la muestra del trabajo de investigación.</i>	37
3.6.	Métodos, técnicas e instrumentos de investigación	37

3.6.1.	<i>Revisión bibliográfica sobre los temas que aportaran a la investigación.</i>	37
3.6.2.	<i>Proceso de recopilación de datos</i>	38
3.6.2.1.	<i>Alcance.</i>	38
3.6.2.2.	<i>Proceso para realizar la prueba de gases adecuadamente.</i>	38
3.6.2.3.	<i>Procedimiento de la prueba de diagnóstico de emisiones en el centro de revisión vehicular.</i>	41
3.6.2.4.	<i>Recopilación de datos.</i>	45
3.6.3.	<i>Aplicación de la estadística inferencial para el análisis de la muestra.</i>	46
3.6.4.	<i>Prueba de una hipótesis estadística</i>	47
3.6.4.1.	<i>Prueba de hipótesis para igualdad de dos muestras.</i>	47
3.6.4.2.	<i>Metodología estadística según el tamaño de la muestra.</i>	47
3.6.4.3.	<i>Guía para prueba de hipótesis.</i>	48
3.6.5.	<i>Realizar una tabla comparativa de los analizadores, identificando sus elementos y aspectos técnicos</i>	49
3.6.5.1.	<i>Especificaciones técnicas MET 6.1</i>	49
3.6.5.2.	<i>Especificaciones técnicas MGT 5.</i>	50

CAPÍTULO IV

4.	MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	52
4.1.	Población de estudio	52
4.2.	Cálculo del tamaño de la muestra	52
4.3.	Parámetros para la validación estadística	55
4.3.1.	<i>Resultados del análisis estadístico</i>	56
4.3.1.1.	<i>Resultados del CO₂</i>	56
4.3.1.2.	<i>Resultados del CO corregido</i>	58
4.3.1.3.	<i>Resultados del HC</i>	60
4.3.1.4.	<i>Resultados del O₂</i>	62
4.3.1.5.	<i>Resultados generales</i>	64
4.3.2.	<i>Resultados obtenidos en base al desmontaje de los instrumentos</i>	69

CAPÍTULO V

5.	MARCO PROPOSITIVO	72
-----------	--------------------------------	----

CONCLUSIONES	74
RECOMENDACIONES	76
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1:	Umbral de los gases contaminantes en estado ralentí y 2500 RPM.	12
Tabla 2-2:	Límites máximos de opacidad.	13
Tabla 2-3:	Límites de emisiones en vehículos a gasolina.	14
Tabla 2-4:	Requerimientos de un analizador de gases.	14
Tabla 2-5:	Errores máximos permitidos en los equipos de clase I.	15
Tabla 3-1:	Variables Independientes y dependiente de estudio.	31
Tabla 3-2:	Fórmulas utilizadas para la obtención de la población y tamaño de muestra.	35
Tabla 3-3:	Valor de la constante K según el nivel de confianza.	37
Tabla 3-4:	Ubicación de los componentes que se usan en dos equipos análisis de gases. ...	39
Tabla 3-5:	Proceso de calibración de los analizadores de gases.	40
Tabla 3-6:	Mantenimiento de los analizadores de gases.	40
Tabla 3-7:	Proceso de la obtención de datos con los equipos MET 6.1 y MGT 5.	41
Tabla 3-8:	Proceso para la recopilación de datos obtenidos durante las pruebas estáticas.	45
Tabla 3-9:	Niveles de confianza para una prueba Z estadístico de dos colas.	48
Tabla 3-10:	Especificaciones técnicas sobre el equipo MET 6.1.	49
Tabla 3-11:	Tabla de especificaciones técnicas sobre el analizador MGT5.	50
Tabla 4-1:	Datos obtenidos de los meses de septiembre a diciembre, para la población.	52
Tabla 4-2:	Parámetros para la validación estadística para la investigación.	55
Tabla 4-3:	Parámetros estadísticos del CO ₂ en ralentí.	56
Tabla 4-4:	Parámetros estadísticos del CO ₂ a 2500 RPM.	57
Tabla 4-5:	Parámetros estadísticos del CO corregido en ralentí.	58
Tabla 4-6:	Parámetros estadísticos del CO corregido a 2500 RPM.	59
Tabla 4-7:	Parámetros estadísticos de los HC en ralentí.	60
Tabla 4-8:	Parámetros estadísticos del HC a 2500 RPM.	61
Tabla 4-9:	Parámetros estadísticos del O ₂ en ralentí.	62
Tabla 4-10:	Parámetros estadísticos del O ₂ a 2500 RPM.	63
Tabla 4-11:	Se realiza una comparación entre el MET 6.1 y MGT 5.	69
Tabla 4-12:	Requerimientos de un analizar de gases.	70
Tabla 4-13:	Valores de los errores de medida de precisión de los analizadores de gases.	70
Tabla 4-14:	Resultados de la comparación de los analizadores MET 6.1 y MGT 5.	71

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2-1:	Ubicación del Centro de Revisión Técnica de Tungurahua.	10
Ilustración 2-2:	Motor de combustión Ciclo Otto.	15
Ilustración 2-3:	Diagrama Ciclo Otto	16
Ilustración 2-4:	Proceso de combustión en condiciones reales.	17
Ilustración 2-5:	Composición de los gases de escape de un motor a gasolina.	18
Ilustración 2-6:	Sistema infrarrojo de medición de gases	21
Ilustración 2-7:	Celda Galvánica para medir O ₂	21
Ilustración 2-8:	Analizador de gases MET 6.1.	23
Ilustración 2-9:	Componentes del equipo MET 6.1	23
Ilustración 2-10:	Entradas y mandos del MET 6.1	24
Ilustración 2-11:	Componentes internos del MET6.1	25
Ilustración 2-12:	Equipo de análisis de gases MGT 5.	26
Ilustración 2-13:	Componentes del equipo MGT 5	26
Ilustración 2-14:	Modulo RPM del MGT 5	26
Ilustración 2-15:	Componentes internos del MGT 5	27
Ilustración 3-1:	Características del enfoque cuantitativo.	28
Ilustración 3-2:	Esquema sobre el diseño de investigación.	30
Ilustración 3-3:	Centros de revisión técnica vehicular en servicio y implementar en el país.	32
Ilustración 3-4:	Mancomunidad de tránsito Tungurahua.	33
Ilustración 3-5:	Prueba de gases en vehículos a gasolina	33
Ilustración 3-6:	Características sobre los datos medidos.	34
Ilustración 3-7:	Representación de una muestra sobre un universo finito.	35
Ilustración 3-8:	Varianza para los diferentes valores de P y Q.	36
Ilustración 3-9:	Proceso de una revisión bibliográfica de los temas de investigación.	38
Ilustración 3-10:	Conexión de los equipos de medición, en todas las pruebas estáticas.	39
Ilustración 3-11:	Esquema de cómo fue realizado las conexiones de los equipos.	41
Ilustración 3-12:	Diagrama de flujo para encontrar el método diferencial de dos muestras.	46
Ilustración 3-13:	Pruebas de la campana de Gauss, para la igualdad de dos muestras.	47
Ilustración 3-14:	Campana de Gauss de dos colas con un valor de $\alpha = 0.025$	49
Ilustración 4-1:	Datos obtenidos del CO Corregido.	53
Ilustración 4-2:	Datos obtenidos del CO ₂	54
Ilustración 4-3:	Datos obtenidos del HC.	54
Ilustración 4-4:	Datos obtenidos del O ₂	55
Ilustración 4-5:	Valor del Z estadístico en una muestra de CO ₂ en ralentí.	57

Ilustración 4-6:	Valor del Z estadístico en una muestra de CO ₂ a 2500 RPM.	58
Ilustración 4-7:	Valor del Z una muestra de CO corregido en ralentí.....	59
Ilustración 4-8:	Valor del Z estadístico en una muestra de CO corregido a 2500 RPM.....	60
Ilustración 4-9:	Valor del Z estadístico en una muestra de HC en ralentí.	61
Ilustración 4-10:	Valor del Z estadístico en una muestra de HC a 2500 RPM.	62
Ilustración 4-11:	Valor del Z estadístico en una muestra de O ₂ en ralentí.....	63
Ilustración 4-12:	Valor del Z estadístico en una muestra de O ₂ a 2500 RPM.....	64
Ilustración 4-13:	Valores que se encuentran dentro del rango permitido en ralentí.	64
Ilustración 4-14:	Valores que se encuentran dentro del rango permitido en 2500 RPM.	65
Ilustración 4-15:	Grafica de dispersión del CO ₂ en estado ralentí de los dos analizadores. ...	66
Ilustración 4-16:	Grafica de dispersión del CO en estado ralentí de los dos analizadores.	67
Ilustración 4-17:	Grafica de dispersión del O ₂ en estado ralentí de los dos analizadores.	68

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** INDUCCIÓN A LOS EQUIPOS DE DIAGNÓSTICO MET 6.1 Y MGT 5 PARA LAS PRUEBAS DE GASES.
- ANEXO B:** TOMA DE DATOS EN LOS EQUIPOS.
- ANEXO C.:** RECOPIACIÓN DE DATOS
- ANEXO D:** DESPIECE DE LOS ANALIZADORES DE GASES.

RESUMEN

En la actualidad las emisiones de gases producidas por los motores a gasolina representan un alto porcentaje en la contaminación nacional y mundial. Por esta razón los centros de revisión vehicular bajo la normativa INEN controlan el nivel de emisiones, sometiendo los vehículos a prueba de gases con equipos homologados, hasta el 2019 la mayoría de los centros de revisión técnica vehicular utilizaban el analizador MGT5 para el diagnóstico de gases, pero en la actualidad la ANT indicó que se debe usar el equipo MET 6.1 el cual se encuentra homologado. Por lo tanto, el objetivo de la presente investigación fue realizar un análisis comparativo de los datos obtenidos en las pruebas estándar de gases, con el equipo homologado y no homologado simultáneamente. El enfoque metodológico del presente trabajo es de tipo cualitativo el cual se realizará mediante la experimentación para la obtención de los datos, el cual parte del cálculo de la muestra poblacional del diagnóstico de vehículos a gasolina en un periodo de 4 meses. Para luego aplicar un método estadístico para la comparación de dos muestras. Por medio de esta metodología se logró determinar que los valores emitidos por el equipo no homologado son diferentes al analizador homologado, en el estado de ralentí es donde más difieren tres de los cuatro gases puestos a prueba revisando los umbrales se pudo notar que los valores del MGT5 si cumple con los límites que establece la normativa INEN 2204. Se pudo concluir que el equipo no homologado arroja datos diferentes, pero dentro de los límites establecidos por las normativas, por lo cual se recomienda dejar de usar gradualmente en los centros de revisión vehicular ya que son confiables, pero no está homologado.

Palabras clave: <ANALIZADORES DE GASES>, <CENTROS DE REVISIÓN TÉCNICA VEHÍCULAR (CRVT)>, <EMISIONES DE GASES>, <EQUIPO HOMOLOGADO>, <EQUIPO NO HOMOLOGADO>, <PELILEO (CANTÓN)>.

1268-DBRA-UPT-2023



SUMMARY

Nowadays, the gas emissions generated by gasoline engines represent a significant percentage of national and global pollution. For this reason, vehicle inspection centers under the INEN regulations control the emission levels by subjecting vehicles to gas testing using approved equipment. Until 2019, most vehicle technical inspection centers used the MGT 5 analyzer for gas diagnostics. However, currently, the National Transit Agency (ANT) has indicated that the MET 6.1 equipment, which is approved, must be used. Therefore, the objective of this research was to conduct a comparative analysis of the data obtained from standard gas tests using both approved and nonapproved equipment simultaneously. The methodological approach of this study was qualitative, conducted through experimentation to gather the data. It involved calculating the population sample for diagnosing gasoline vehicles for four months. Then, a statistical method was applied to compare the two samples. It was determined that the values emitted by the non-approved equipment are different from those obtained by the approved analyzer through this methodology, at idle state, three out of the four tested gases showed the most significant differences. Upon reviewing the thresholds. It was observed that the values obtained by the MGT 5 analyzer comply with the limits established by the INEN 2204 regulations. It can be concluded that the non-approved equipment provides different data but within the limits established by the regulations. Therefore, it is recommended to gradually discontinue its use in vehicle inspection centers since they are reliable but not officially approved.

Keywords: <EXHAUST GAS ANALYZERS> <VEHICLE TECHNICAL INSPECTION CENTERS (VTIC)> <GAS EMISSIONS> <APPROVED EQUIPMENT> <NON-APPROVED EQUIPMENT>



Lic. Patricia Pilas Moyota Amaguaya Mg

060361101-3

INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo de investigación se realizará la comparación de dos equipos de diagnóstico de gases, el equipo de control será el analizador MET 6.1 que se encuentra homologado, puesto a prueba con el equipo no homologado MGT 5 se propone verificar si difieren o no en las mediciones, el estudio parte por varias razones, pero el enfoque de la investigación es la veracidad de las mediciones en los centros de revisión técnica vehicular.

Bajo la problemática del evidente crecimiento del parque automotriz nacional y como es de conocimiento general, los automóviles son responsables de una gran parte de la contaminación ambiental a través de la emisión de gases nocivos. Los cuales si no se controlan hoy en día traerán graves consecuencias para generaciones futuras, una manera de controlar este problema es sometiendo los vehículos a pruebas de revisión técnica vehicular. Para esta revisión la agencia nacional de tránsito a establecidas normas en donde indican el procedimiento y sobre todo los requerimientos técnicos que deben presentar los equipos de diagnóstico de fallas mecánicas.

Para desarrollar este proyecto se ha planteado una metodología que parte de la revisión bibliográfica de las normas que rigen el control de emisiones de vehículos a gasolina. En cuanto a los analizadores de gases la norma INEN 2349 establece los parámetros técnicos que estos debe cumplir y se complementa con la norma INEN 2303 y 2304, en donde indican el procedimiento para realizar una correcta prueba de gases y los límites de emisión respectivamente.(INEN, 2003) Una vez revisado los límites de emisión, el proceso de diagnóstico y los requerimientos técnicos de un analizador de gases se procederá a la toma de datos. Esta experimentación se desarrollará en el centro de revisión técnica vehicular de la mancomunidad de Tungurahua únicamente en vehículos livianos y camionetas a gasolina, del cual surgirá la muestra de estudio para posteriormente ser analizada estadísticamente. El proceso de la prueba y el análisis estadístico se muestra con mayor detalle en el capítulo de la metodología de la investigación.

Es importante realizar tablas comparativas de componentes y aspectos técnicos así también podremos entender sobre la diferencia o no de dos equipos, por esta razón se realizará una comparación de los dos equipos de medición.

Para comprobar la hipótesis de la investigación se desarrolló de manera secuencial las siguientes actividades: pruebas experimentales, aplicar la estadística inferencial con un tipo de prueba que sea acorde a lo que se requiere, interpretación de los resultados y finalmente verificar si se rechaza o no la diferencia en las mediciones de los equipos.

En la investigación primero se realizará las referencias teóricas el cual servirá para el entendimiento de la emisión y los tipos de gases que esto conlleva, además se indicara el funcionamiento de los equipos y las normativas como ya se mencionó. Después se podrá observar la metodología en donde se detallan los métodos, técnicas e instrumentos de la investigación que facilitaron al análisis e interpretación de resultados. Los resultados se exponen mediante graficas e ilustraciones para la fácil comprensión del estudio concluyendo con la aprobación o rechazo de la hipótesis. Finalmente se dejará algunas recomendaciones sobre la experimentación como lo que se debe o no hacer en las pruebas de diagnóstico.

.

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

El incremento del parque automotriz se ha dado de una manera exponencial en los últimos tiempos el cual ha sido responsable de generar una gran cantidad de contaminación al medio ambiente a través de la emisión de gases producto del proceso de combustión de los motores. Los contaminantes que más se perciben en un vehículo son los Hidrocarburos, Monóxido de carbono, Óxidos de nitrógeno, Bióxido de carbono, Bióxido de azufre, Dióxido de carbono, Plomo, Amoniac y Metano. Todos estos contaminantes mantienen en riesgo tanto al ambiente como al ser humano por estas y muchas razones se debe controlar los niveles de emisiones que produce un vehículo.

El control se desarrolla en centros de revisión autorizados, en el caso del Ecuador la Agencia Nacional de tránsito es la que acredita a los centros para que puedan realizar los controles en donde básicamente inspeccionan los sistemas mecánicos y elementos de seguridad de un automotor mediante varias pruebas. La prueba de análisis de gases es una de las más exigidas por la ANT (Agencia Nacional de Transito) la cual requiere trabajar con instrumentos homologados y en buen estado así garantizando la efectividad de los resultados.

En la actualidad cada provincia del Ecuador cuenta con uno o más centros de revisión técnica vehicular, establecidas según sea la disponibilidad de un gobierno autónomo descentralizado. Hasta el año 2019 la Agencia Nacional de Transito (ANT) registró 159 municipios que contaban con un centro de revisión técnica vehicular, los cuales en gran parte adquirieron equipos que ayudarían al control de los estándares mínimos de seguridad y contaminación de los vehículos. El problema reportado radica en que los equipos comprados antes de la entrada en vigor de la nueva reglamentación, no cuenta con la homologación respectiva, lo que significa que estos equipos no sean lo suficientemente confiables para la realización de cada una de las pruebas en los Centros de Revisión Técnica Vehicular en el País.

1.2. Limitaciones y delimitaciones

1.2.1. Limitaciones

- Acceder a manuales técnicos de los equipos ya que la empresa que suministran los mismos son de carácter privado por el cual es reservado para el público.

- El tiempo de investigación tiene una fecha límite el cual no permitió obtener mayor cantidad de muestra.
- Los equipos no se encuentren calibrados al momento de utilizar, el cual podrían arrojarnos datos erróneos.
- Acceso a la base de datos del centro de revisión vehicular para poder discernir una muestra específica de vehículos a gasolina.

1.2.2. Delimitaciones

- El estudio se realizará desde el 3 de septiembre del 2022 hasta el 31 de enero del 2023 en el centro de revisión técnica vehicular de la mancomunidad de tránsito de Tungurahua.
- El trabajo investigativo pretende exponer acerca del control de las emisiones en un centro de revisión vehicular.
- Estudio estadístico de recolección de datos para dos muestras bajo las mismas condiciones de trabajo.
- Los tipos de vehículos que serán evaluados son de combustible a gasolina.

1.3. Problema General de Investigación

El problema general de nuestra investigación ha sido la primicia para ejecutar nuestro estudio el cual sirve para plantear nuestro objetivo general y en cual rondara nuestro trabajo investigativo.

A continuación de donde nace nuestra investigación:

¿Cómo se determinará la fiabilidad de un equipo de análisis de gases que no está homologado por el Instituto Ecuatoriano de Normalización, que aún se encuentran funcionando en algunos centros de revisión técnica vehicular del País?

1.4. Problemas específicos de investigación

A partir del problema general surgen ciertas dudas acerca de cómo se desarrollará nuestro trabajo para poder cumplir con los objetivos, de esta incertidumbre surgen las siguientes preguntas.

¿Cómo se pretende realizar este tipo de estudio y en qué tipo de vehículos se llevará la experimentación?

¿En base a qué tipo de normativas se rigen los centros de revisión técnica vehicular para las pruebas de análisis de gases?

¿Cómo se realizará el análisis estadístico de dos tomas de muestra?

¿Cómo se puede saber si implementación de algún elemento puede mejorar la medición en un equipo analizador de gases?

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Realizar un estudio comparativo entre los analizadores MET 6.1 y MGT 5 mediante el análisis de datos obtenidos durante la prueba estándar de gases que se realizan en los Centros de Revisión Técnicos Vehiculares para determinar la fiabilidad del equipo no homologado.

1.5.2. Objetivos específicos

- Revisión bibliográfica referente a la normativa legal vigente relacionada con equipos de emisión de gases y sobre los equipos de diagnóstico de gases.
- Recopilar datos de la prueba de gases en vehículos a gasolina, a partir del año 2010 en adelante, de manera simultánea con equipos MET 6.1 y MGT 5.
- Realizar un análisis estadístico inferencial en base a las muestras obtenidas mediante softwares de hojas de cálculo.
- Desarticular los analizadores de gases e identificar cómo están compuestos estos equipos para realizar una tabla comparativa de los analizadores.

1.6. Justificación

1.6.1. Justificación Teórica

Para poder llevar a efecto el siguiente trabajo de investigación, primero debemos partir de la importancia de utilizar instrumentos de medición homologados dentro de un centro de revisión vehicular. Un analizador de emisiones cumple la función de medir los gases más dañinos emanados por un vehículo, según la Norma INEN 2349 el CO, CO₂, HC y O₂. Estos son los gases que un centro de revisión debe tener en cuenta para la aprobación de un vehículo mediante este control se garantiza que los vehículos que circulan por las vías tengan niveles de emisión controladas. En caso de no contar con un instrumento homologado los resultados de la prueba de gases no garantizan que un vehículo este emanando sobre los niveles permitidos aportando así a la contaminación ambiental.

En la actualidad algunos centros de revisión vehicular trabajan con el equipo MGT-5 el cual no se encuentra homologado por el cual ha surgido el motivo de nuestra investigación y el propósito de nuestro trabajo es aprovechar que el centro de revisión vehicular de la mancomunidad de Tungurahua posee un equipo no homologado y uno estándar, realizar mediciones en las mismas condiciones de un MCI y comparar los resultados para tratar de afirmar o refutar la desaprobación

del equipo de análisis de gases MGT 5. Algo que hay que tener en cuenta es que estos equipos son exclusivamente para vehículos a gasolina por lo que se sacara una muestra solo de este tipo de vehículos.

1.6.2. Justificación Metodológica.

Para lograr nuestros objetivos de estudio, hemos realizado un proceso ordenado y sistemático utilizando herramientas de investigación apropiadas, nos hemos basado en una metodología experimental y analógica el cual consiste en comprobar la fiabilidad de un equipo de medición de gases no homologado en comparación a uno estándar. Se obtuvieron 2 muestras en las cuales realizamos la comparación de resultados, para posteriormente concluir con la fiabilidad del equipo no homologado. Los equipos con los que se va a realizar dichas pruebas son los analizadores de gases, los cuales como ya se mencionó pueden analizar hasta 4 gases distintos estos deben estar bajo un rango de medición propuesto por la normativa INEN 2303 para cada centro de revisión técnica vehicular que se encuentre funcionando en el País. Estos datos experimentales se obtendrán por medio de software que ya están establecidos en cada centro de revisión técnica vehicular. La recolección de datos se desarrolló en el centro de revisión vehicular de la mancomunidad de Tungurahua. Dicha entidad nos ha facilitado todos los recursos posibles para llevar a cabo el trabajo de investigación.

1.6.3. Justificación Práctica

Nuestra Investigación es de gran importancia para los centros de revisión vehicular ya que servirá de guía al momento de adquirir nuevos equipos de medición de gases o a su vez informara que no se debe trabajar con estos equipos ya que no trabajan en el rango de medición de un equipo homologado. También puede ser un respaldo para poder seguir trabajando con estos equipos y así acreditar ante la Agencia Nacional de tránsito ya que esta es la institución que regula periódicamente que cumplan con los equipos adecuados.

El presente trabajo trata también de aportar con el entendimiento de los equipos de medición de gases ya sea en cuanto al proceso de los diagnósticos como a la estructura de estas. Va dirigida a estudiantes y profesionales que desean instruirse sobre esta área.

1.7. Hipótesis

1.7.1. Hipótesis de la investigación

Los analizadores de gases no homologado MGT 5 y el homologado MET 6.1 difieren estadísticamente en la medición de los 4 gases que establece la Norma INEN 2349:2003.

1.7.2. Hipótesis Nula

Los instrumentos de diagnóstico de gases no homologados MGT 5 y el homologado MET 6.1 no difieren estadísticamente en la medición de los 4 gases que establece la Norma INEN 2349:2003.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de investigación

Las emisiones de los vehículos en carretera han mostrado una discrepancia significativa durante las últimas décadas, a pesar de aplicar estándares de control sobre las emisiones. En la mayoría de los países se aplican regulaciones basadas en modelos europeos, norteamericanos y japoneses. Estos estándares se han implementado progresivamente en todo el mundo a través de protocolos de homologación como requisito para el ingreso de nuevos vehículos, a pesar de estos estándares siguen presentándose discordancia entre los valores de emisiones.

Se determinó que las emisiones dependen de varios factores, pero la más a destacar es el mantenimiento del vehículo. Mogro y Huertas recomiendan la implantación de programas que regulen la tecnología de los vehículos de nuevo ingreso para evitar tecnologías con emisiones excesivas en carretera y deterioro rápido, También aconsejan implantar un programa estricto de control de emisiones.(Mogro y Huertas, 2022).

Actualmente existen dos tipos de pruebas para el análisis de gases la estática y dinámica las cuales se realizan bajo protocolos internacionales. Para el desarrollo de las pruebas estáticas en vehículos a gasolina actualmente se tiene que basar en la norma INEN 2203, la cual trabaja en dos estados del motor a ralentí y a 2500 RPM, este tipo de prueba se realiza en los centros de revisión técnica vehicular y en algunos talleres autorizados con el fin de analizar el estado mecánico del motor.

En cuanto a la parte investigativa las pruebas estáticas de emisiones de gases han contribuido en varios temas sociales uno de los más destacados según (Tipanluisa et al., 2017) es determinar la calidad de combustible que se expende actualmente en el país además ayuda entender el nivel de contaminación en emisiones de gases que producen estos.

En cuanto a las pruebas dinámicas se pueden desarrollar por varios métodos según (Rocha-Hoyos et al., 2018) en su trabajo de investigación utilizan dos tipos de pruebas la dinámica la de ciclo ASM e IM 240 las cuales suministran los parámetros necesarios para el análisis y entendimiento de las emisiones de gases de un motor de combustión interna a gasolina

Para el análisis de gases de un motor de combustión interna a gasolina tanto en pruebas estáticas o dinámicas es necesario utilizar un equipo analizador de gases homologado para que los

resultados sean óptimos. Actualmente el analizador homologado que más se recomienda es el MET 6.1 sin embargo una alternativa es el equipo MGT 5.

Los dos analizadores de gases mencionado cumplen con la función de diagnosticar el monóxido de carbono (CO), Dióxido de carbono (CO₂), Oxígeno (O₂) e hidrocarburos (HC) pero el más confiable siempre será el equipo certificado por esta razón en el país desde el 2019 se autorizó usar el MET 6.1. Por otro lado, el MGT 5 es un equipo que la mayoría de los investigadores y empresas usan para desarrollar sus trabajos tanto de investigación como de diagnóstico. Según Núñez en su investigación sobre el nivel de emisiones en la universidad técnica de Ambato concluye que el MGT 5 es el más aceptable después de una selección exhaustiva analizando varios parámetros como la precisión de medida, rapidez y eficiencia. Esta información ha servido para plantear nuestra hipótesis de estudio y comprobar si es recomendable como varios autores lo afirman y utilizan para sus estudios (Núñez, 2019).

En base a la revisión se logró identificar que debido a las pruebas de emisiones de gases se puede identificar problemas de un vehículo además controlar el nivel de emisiones que estos emanan y son los principales causantes de la contaminación ambiental.

Para realizar estas pruebas se necesita trabajar con equipos homologados, en el Ecuador la mayoría de los estudios se han realizado con analizador de gases MGT5, actualmente el equipo homologado para la medición de gases es el MET 6.1 por estas razones y varios motivos es importante realizar el estudio comparativo de estos dos analizadores.

2.2. Referencias teóricas

2.2.1. Centro de revisión técnica vehicular de la mancomunidad de Tungurahua.

El centro de revisión técnica vehicular de Tungurahua se constituye como empresa pública el 30 de marzo del 2015. Esta mancomunidad está conformada por 8 cantones de Tungurahua como lo son: Baños de Agua Santa, Cevallos, Mocha, Santiago de Quero, Santiago de Píllaro, San Cristóbal de Patate, Tisaleo y San Pedro de Pelileo, en este último cantón está ubicado el centro de revisión técnica vehicular debido a que es el epicentro de los 8 cantones. Además, este centro se encarga del tránsito, transporte y seguridad vial.

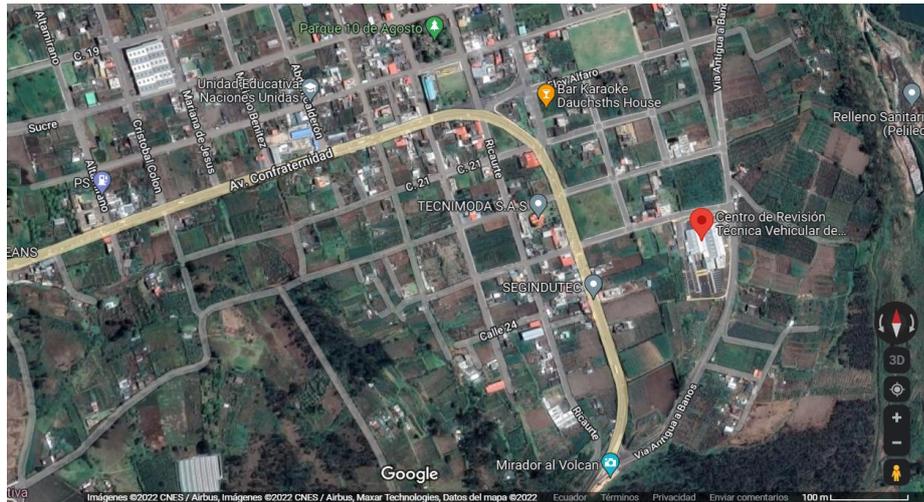


Ilustración 2-1: Ubicación del Centro de Revisión Técnica de Tungurahua.
Fuente: (Google, s, f)

El trabajo de investigación parte de esta empresa y es de donde se efectuó la investigación y entrando en contexto con la parte de referencias teóricas, a continuación, se presentará la función de todo centro de revisión técnica vehicular y las normativas que rigen a cada proceso de evaluación.

2.2.2. Principios y normas aplicados en los centros de revisión vehicular

2.2.2.1. Función y objetivos de un centro de revisión vehicular

Los centros de revisión técnica vehicular son entidades planificadas, equipadas y autorizadas con la función de realizar la inspección de las pruebas técnicas, mecánicas y de gases contaminantes. Estos centros son los únicos que pueden aprobar, condicionar y rechazar vehículos que son sometidos a revisión técnica. (ANT, 2019)

Los objetivos fundamentales de la revisión Técnica Vehicular son:

1. Garantizar las condiciones mínimas de seguridad de los vehículos, relacionados con el diseño, fabricación de estos, y en los que aplique, el mantenimiento de las condiciones originales con las que fue homologado; así como el cumplimiento de la normativa técnica vigente.
2. Comprobar que los vehículos de combustión interna mantengan un nivel de emisiones contaminantes que no superen el límite máximos establecidos por la normativa técnica vigente.
3. Localizar las fallas mecánicas previsibles y en general las fallas por falta de mantenimiento vehicular.
4. Optimar la seguridad vial a través de la verificación en el cumplimiento de elementos de seguridad activa y pasiva propios para cada automóvil.
5. Mejorar las condiciones de operación del vehículo

6. Reducir las emisiones contaminantes
7. Comprobar el buen uso de cada vehículo

Para cumplir con los objetivos planteados por la ANT, una revisión vehicular comprenderá de:

- Inspección Visual
- Revisión Mecatrónica de seguridad
- Control de la emisión de gases contaminantes
- Verificación de parámetros específicos de acuerdo con la modalidad de transporte o servicio que presente el vehículo, según las resoluciones vigentes, emitidas por la ANT

2.2.2.2. Proceso de calificación de una revisión técnica vehicular

Luego de realizar las diferentes pruebas de la revisión técnica vehicular, los técnicos encargados del proceso de calificación ingresarán la información en cada estación de trabajo y mediante la ayuda de softwares certificados, se clasificarán y compararán los resultados de cada vehículo y mediante una tabla de umbrales y la información que se ingresó se generará un reporte de los resultados (ATM, 2014). El resultado de una revisión puede ser:

Aprobada: Con un conjunto de defectos al límite de no aprobación

Condiciona: Con un conjunto de defectos con calificación mayor al límite de no aprobación. El vehículo debe regresar a realizar las pruebas dentro de 30 días, habiendo reparado los defectos por los cuales no pudo aprobar.

Rechazada: Cuando se ha calificado cuatro revisiones sucesivas como condicional, y se presupone que el vehículo no puede ser reparado presentando gran riesgo para la seguridad pública, por lo que debe ser retirado de circulación.

2.2.2.3. Criterios para la clasificación de los defectos.

Los criterios se clasifican según el tipo de prueba y sistema mecánico que pertenecen, son tres tipos de defectos en los cuales se rige la revisión técnica vehicular y se clasifican en:

Defectos Tipo I (Leves). - Son aquellos que no involucran un riesgo inminente para la seguridad de los usuarios que ocupan el vehículo, para las externas y/o para el ambiente, pero que podrían, posteriormente, convertirse en defectos Tipo II o Tipo III, debido al deterioro natural o provocado. No son reconsiderados en las presentaciones subsecuentes del mismo período de revisión (ATM, 2014).

Defectos Tipo II (Moderados). - Son aquellos que implican un riesgo potencial para la seguridad de los ocupantes del vehículo, para las demás personas y/o para el ambiente, si es que están sumados a otros defectos del mismo tipo. Serán reconsiderados en las presentaciones

subsecuentes del mismo período de revisión pudiendo cambiar a Tipo III (ATM, 2014).

Defectos Tipo III (Graves). - Son aquellos que representan un riesgo inminente para la seguridad de los ocupantes del vehículo, para las demás personas y/o para el ambiente, lo que a su vez genera la obligación de llevar nuevamente el vehículo al Centro de RTV para comprobar que el defecto ha sido corregido.

Umbrales para la clasificación de defectos para emisiones dentro del control de la emisión de gases contaminantes.

Tabla 2-1: Umbrales de los gases contaminantes en estado ralentí y 2500 RPM.

ESTADO DE RALENTÍ				
Gases	Tipo1	Tipo 2	Tipo 3	Bien
CO2	$12 \leq x$	$12 \leq x$	$12 \leq x$	$12 \leq x \leq 15$
CO (%)	$1.2\% \leq x < 1.699\%$	$1.700\% \leq x < 1.999\%$	$x \geq 2\%$	$0 \leq x < 1.2$
HC (ppm)	$250.01 \leq x < 350$	$350.01 \leq x < 400$	$x \geq 400.01$	$0 \leq x < 250$
O2	$4\% \leq x < 5.99\%$	$6\% \leq x < 9\%$	$x \geq 9.01\%$	$0 \leq x < 3\%$
ALTAS RPMS				
Gases	Tipo1	Tipo 2	Tipo 3	Bien
CO2	$12 \leq x$	$12 \leq x$	$12 \leq x$	$12 \leq x \leq 15$
CO (%)	$1.2\% \leq x < 1.699\%$	$1.700\% \leq x < 1.999\%$	$x \geq 2\%$	$0 \leq x < 1.2$
HC (ppm)	$0 \leq x < 250$	$250.001 \leq x < 400$	$x \geq 400.001$	$0 \leq x < 250$
O2	$3\% \leq x < 4\%$	$4\% \leq x < 5\%$	$x \geq 5\%$	$0 \leq x < 3\%$

Fuente: (ATM, 2014)

Realizado por: Naula L, Romero L, 2023.

2.2.2.4. Equipos necesarios para la Revisión técnica vehicular

La Norma INEN 2349 establece los procedimientos que se deben seguir para realizar una RVT obligatoria además indica los instrumentos de inspección y medición a utilizar.

a) Vehículos livianos:

- Luxómetro o Regloscopio
- Alineador al paso
- Frenómetro de rodillos
- Fosa de inspección
- Banco de suspensión
- Detector de holguras
- Sonómetro integral ponderado
- Analizador de gases u Opacímetro

b) Vehículos pesados:

- Regloscopio
- Alineador al paso
- Frenómetro
- Fosa de inspección

- Detector de holguras
- Sonómetro integral ponderado
- Analizador de gases u Opacímetro

2.2.2.5. Control de emisiones de gases Contaminantes

Las pruebas de diagnóstico de gases contaminantes de los vehículos tienen por objetivo verificar que las emisiones no sobrepasen los límites máximos permitidos. Las cuales dependiendo el vehículo y el motor se puede dar de dos formas:

- a) Para los vehículos propulsados por motores de ciclo Diesel, el método de ensayo debe ser el descrito en la NTE INEN 2202.
- b) Para los vehículos propulsados por motores ciclo Otto de 4 tiempos, el método de ensayo debe ser el descrito en la NTE INEN 2203.

Normativa para el control de emisiones de gases contaminantes en motores a Diesel

- **NTE INEN 2202**, Gestión ambiental – Aire. Esta norma establece el método de ensayo para comprobar el porcentaje de opacidad de las emisiones de escape de las fuentes móviles con motor de Diesel. Para llevar a cabo estas pruebas es necesario contar con opacímetros que se encuentren homologados.(INEN, 2013).
- **NTE INEN 2207:2002 -1R**, Límites permitidos. Esta norma establece los niveles máximos de opacidad según el año del vehículo

Tabla 2-2: Límites máximos de opacidad.

Año modelo	Opacidad [%]
2000 y posteriores	50
1999 y anteriores	60

Fuente:(INEN, 2002)

Realizado por: Naula L, Romero L, 2023.

Normativa para el control de emisiones de gases contaminantes en motores a Gasolina

- **NTE INEN 2203**, Gestión ambiental – Aire. Esta norma específica el método de ensayo para determinar la concentración de las emisiones provenientes del sistema de escape de vehículos equipados con motores de encendido por chispa, en condiciones de marcha mínima o “ralentí” (INEN, 2000)
- **NTE INEN 2204**, Límites de emisiones. Esta norma establece los límites permitidos de emisiones de contaminantes producidas por fuentes móviles terrestres (vehículos automotores) que emplean gasolina.(INEN, 2017)

Tabla 2-3: Límites de emisiones en vehículos a gasolina.

Año modelo	% CO		Ppm HC	
	0 – 1500 msnm	1500 – 3000 msnm	0 – 1500 msnm	1500 -3000 msnm
2000 y posteriores	1,0	1,0	200	200
1990 a 1999	3,5	4,5	650	750
1989 y anteriores	5,5	6,5	1000	1200

Fuente:(INEN, 2017)

Realizado por: Naula L, Romero L, 2023.

2.2.2.6. Requerimientos técnicos de los analizadores de gases.

Los requerimientos técnicos de los analizadores de gases se encuentran especificadas en la norma INEN 2349:2003. En donde dicta lo siguiente:

Analizador de 4 gases, con cabida de actualización a 5 gases mediante la habilitación del canal de NOx, con las siguientes características técnicas:

Tabla 2-4: Requerimientos de un analizador de gases.

CARACTERÍSTICAS GENERALES - Requerimientos		
Capacidad de medición y reporte automáticos de la concentración en volumen de CO, CO ₂ , HC y O ₂ , en los gases emitidos por el tubo de escape de vehículos equipados con motores ciclo Otto de 4 tiempos alimentados por gasolina, GLP o GNC. Cumplirán con lo indicado en la Recomendación Internacional OIML R 99 (clase 1) / ISO 3930 y la NTE INEN 2203, lo que será demostrado mediante certificación del fabricante.		
ESPECIFICACIONES ADICIONALES - Requerimientos		
Capacidad de medición y reporte automáticos de la velocidad de giro del motor en RPM, factor lambda (calculado mediante la fórmula de Bret Shneider) y temperatura de aceite.		
La captación de RPM no tendrá limitaciones respecto del sistema de encendido del motor, sea este convencional (ruptor y condensador), electrónico, DIS, EDIS; bobina independiente, descarga capacitiva u otro.		
RANGOS DE MEDICIÓN - Requerimientos		
	Variables	Rango de medición
	Monóxido de carbono (CO)	0-10%
	Dióxido de carbono (CO ₂)	0-16%
	Oxígeno	0-21%
	Hidrocarburos no combustionados	0-5000 Ppm
	Velocidad de giro del motor	0-10000 RPM
	Temperatura de aceite	0-150 °C
CONDICIONES AMBIENTALES DE FUNCIONAMIENTO - Requerimientos		
	Variable	Rango de medición
	Factor Lambda	0-2
	Temperatura	5-40 °C
	Humedad relativa	0-90%
	Altitud	Hasta 3000 msnm

	Presión	500-760 mm Hg
AJUSTE - Requerimientos		
Automático, mediante una mezcla certificada de gases		
SISTEMA DE TOMA DE MUESTRA - Requerimientos		
La toma de muestra se realizará mediante una sonda flexible a ser insertada en la parte final del tubo de escape.		

Fuente:(INEN, 2003)

Realizado por: Naula L, Romero L, 2023.

Debido a que los analizadores deben cumplir con los requerimientos de la norma OIMIL R99 e ISO 3930. A continuación, en la tabla 5-2, se presenta los errores admisibles de los analizadores de clase I, esta información es muy importante para la comparación de la exactitud de ambos equipos de estudio.

Tabla 2-5: Errores máximos permitidos en los equipos de clase I

Componente	Error	
	Absoluto	Relativo
CO % vol.	±0.06	±5%
CO ₂ % vol.	±0.5	±5%
O ₂ % vol.	±0.1	±5%
HC ppm vol.	±12	±5%

Fuente: (ISO,2000)

Realizado por: Naula L, Romero L, 2023.

2.2.3. Motores a gasolina

Los motores de gasolina, se trata de un motor de combustión de encendido externo, el cual quema una mezcla de aire y combustible, transformando así la energía química contenida en el combustible en energía cinética, para poder dar tracción a las ruedas y así avance el vehículo a través del sistema de transmisión.



Ilustración 2-2: Motor de combustión Ciclo Otto.

Fuente: (Yanqui, 2015)

2.2.3.1. Ciclo otto teórico.

Es un ciclo cerrado, el cual utiliza una mezcla de aire y gasolina, para su ignición consta de una chispa eléctrica que es producida por el sistema de encendido. Tienen 4 etapas o tiempos: Aspiración, Compresión, Combustión y Expansión. El flujo en su interior sería el siguiente: En la carrera descendente del pistón, aspira un volumen de mezcla aire-combustible, el cual ingresa a una cámara, cuando el pistón se encuentra subiendo comprime esa mezcla, que al momento de llegar al punto muerto superior se enciende y se quema a un volumen constante (teórico), para producir una expansión (carrera útil), luego en la carrera ascendente se podrán eliminar los gases de la combustión producida.

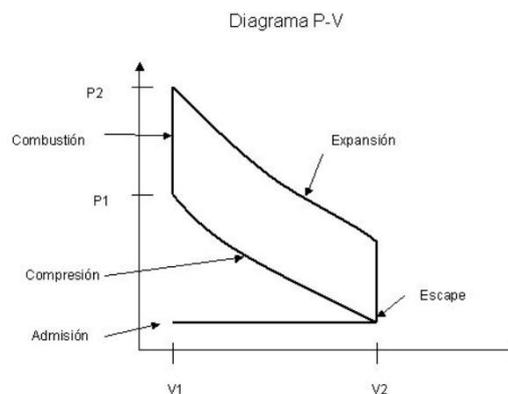


Ilustración 2-3: Diagrama Ciclo Otto
Fuente: (Yanqui, 2015)

En un ciclo Otto teórico se producen algunos procesos termodinámicos como lo son:

- **Adiabático o isentrópico (1-2):** no existe transferencia de calor con el exterior, compresión del fluido de trabajo.
- **A volumen constante (2-3):** existe una introducción instantánea de calor (Q_1).
- **Adiabático (3-4):** una expansión.
- **A volumen constante (4-1):** extracción instantánea del calor (Q_2).

2.2.3.2. Combustión en MEP

Consiste en una deflagración de una mezcla premezclada y homogénea de aire y combustible en estado gaseoso. Para obtener una buena formación de la mezcla y una homogeneidad, es necesario que el combustible sea introducido en estado líquido y se vaporice rápidamente, es por eso, por lo que los combustibles son almacenados en su estado líquido. La combustión se inicia antes de que el pistón alcance el PMS en la carrera de compresión, por medio de un aporte de energía externo al motor, la ignición o el encendido que se consigue por medio de una chispa eléctrica. (Antonio y Muñoz, 2015)

EL aire está compuesto principalmente de nitrógeno molecular (N₂), oxígeno molecular (O₂), vapor de agua (H₂O), dióxido de carbono (CO₂) y argón (Ar). La cantidad exacta de cada componente en el aire cambia según sea la ubicación geográfica y condiciones climáticas.

Coefficiente Lambda

El coeficiente lambda se obtiene a partir de la relación aire-gasolina que intervienen en la mezcla de la combustión. En realidad, determina la eficiencia de los motores de gasolina a través de la medida del porcentaje de oxígeno presente en los gases de escape.

Los motores de gasolina cuando funcionan con una mezcla estequiométrica del 14.7:1 el valor de lambda es igual a “1”.

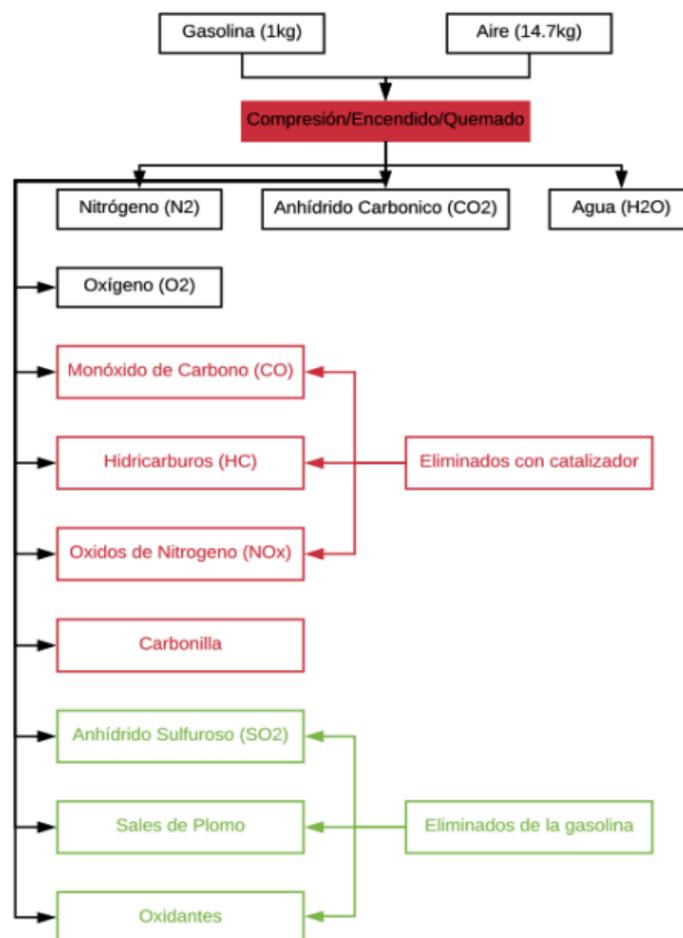


Ilustración 2-4: Proceso de combustión en condiciones reales.
Fuente: (Núñez, 2019)

- Se expresa en masa: 14.7 kg de aire por 1 kg de combustible.
- Se expresa en volumen: 10000 litros de aire por 1 litro de combustible.
- Si lambda es > 1; se trata de una mezcla pobre, exceso de aire.
- Si lambda es < 1; se trata de una mezcla rica, exceso de gasolina.

Cuando se trata de una mezcla pobre se genera una gran cantidad de oxígeno en los gases de escape y por lo tanto se tiene óxidos de nitrógeno.(Ortiz, 2010)

En cambio, una mezcla rica genera una escasez de oxígeno en los gases de escape, por lo cual se tiene una gran cantidad de monóxido de carbono e hidrocarburos.

Emisiones producidas por los vehículos a gasolina.

Las emisiones más importantes que se derivan del proceso de combustión son los hidrocarburos sin quemar o parcialmente quemados (HC), los óxidos de nitrógeno (NO_x), monóxido de carbono (CO) y los gases que contribuyen al efecto invernadero como lo es el dióxido de carbono (CO₂). (Payri y Desantes, 2011)

Se tienen dos tipos de contaminantes en función de su origen, contaminación primaria que son todos aquellos emitidos directamente desde el vehículo, además que no sufren ningún cambio en la composición hasta que lleguen a la atmósfera y los secundarios que se forman en la atmósfera, reaccionando con los primarios.

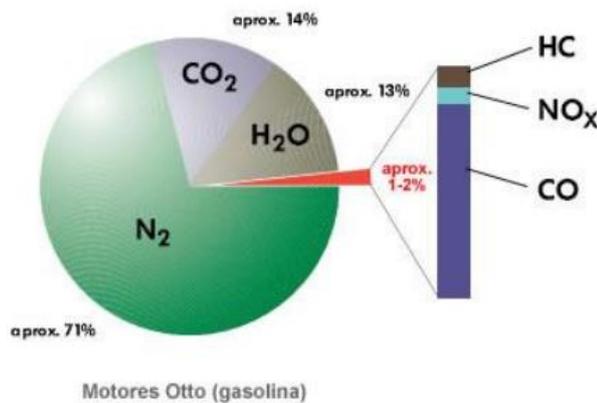


Ilustración 2-5: Composición de los gases de escape de un motor a gasolina.
Fuente: (Sanz, 2021)

Emisiones contaminantes inofensivas

- **Nitrógeno (N₂)**

Se trata de un gas inerte muy indispensable para el proceso de combustión, en el cual se oxida formando los óxidos de nitrógeno (NO_x).

- **Oxígeno (O₂)**

Es fundamental para poder generar la combustión en el vehículo.

- **Agua (H₂O)**

Es un componente expulsado al inicio de la combustión, es decir en el calentamiento del motor y por lo tanto es inofensivo.

- **Dióxido de Carbono (CO₂)**

El dióxido de carbono es uno de los gases que contribuye al efecto invernadero, este se produce por los combustibles que contienen carbono, el cual al momento de combinarse con el oxígeno aspirado forman el CO₂.

Emisiones contaminantes tóxicas

- **Monóxido de Carbono (CO).**

Su formación se debe básicamente a la disociación de las moléculas de CO₂. La cantidad de CO que sea generada por un equipo de combustión dependerá del balance entre los procesos de formación y oxidación. (Payri y Desantes, 2011)

Se trata de un gas incoloro, inodoro. Se debe a una combustión incompleta de combustible. Al momento de ingresar en contacto con el aire se oxida y forma dióxido de carbono (CO₂).

- **Hidrocarburos. (HC)**

Son emitidos como consecuencia de una combustión incompleta del combustible o restos no quemados de combustible, por lo cual su composición resulta extremadamente heterogénea. Se debe a que puede existir una falta de oxígeno durante la combustión (mezcla rica) o debido a una baja velocidad de inflamación (mezcla pobre). (Payri y Desantes, 2011).

- **Óxidos de nitrógeno (NO_x)**

Es un grupo de óxido nitroso (NO) y óxido nítrico (NO₂) producido en altas presiones y temperaturas en la combustión, El NO se produce fundamentalmente en el motor, aunque tiende a reaccionar para formar NO₂. Juntos estos elementos contribuyen a la formación de ozono y lluvia ácida, además de afectar la calidad de agua. El óxido nitroso (NO) es un gas incoloro e inodoro, con efectos sobre la salud muy similares a los del CO, es menos probable que se respire puesto que se emite en bajas concentraciones, transformándose rápidamente en NO₂. Por otro lado, el NO₂ es un gas irritante para la salud y precursor de la formación de ozono (O₃). (Antonio y Muñoz, 2015)

Gasolinas que se comercializan en Ecuador

La gasolina es una mezcla compleja de hidrocarburos líquidos separados por ebullición típica de 38 a 205 ° C (100 a 400 ° F). Estos hidrocarburos forman varias estructuras moleculares complejas, algunas de las cuales no son fáciles de identificar. Se obtiene como producto a través de la refinación y procesamiento del crudo pesado, también conocido como petróleo. Debido a la composición del crudo se puede manipular sus átomos y moléculas ya que, en su estado natural la gasolina tiene niveles de calidad y octanaje muy bajos.

Según la Norma INEN 935, las gasolinas se clasifican según su octanaje y son de dos tipos:

- **Gasolina Súper:** este tipo de gasolina cuenta con 92 octanos y es la que se comercializa en todo el territorio ecuatoriano.

- **Gasolina Extra y Ecopaís:** en estos dos tipos de gasolina se cuenta con aproximadamente 85 octanos. La gasolina Extra se la comercializa principalmente en la región andina, mientras la gasolina Ecopaís, más en la región costa.

La gasolina Ecopaís, se trata de una mezcla de gasolina Extrabase con un 5 % de etanol anhidro.

2.2.4. Analizadores de gases

Los analizadores de gases son equipos ópticos o químicos que miden la concentración de gases en base a una muestra tomada directamente del tubo de escape que se dirigen hacia el instrumento de diagnóstico, haciéndolo circular por una celda de rayos infrarrojos y por una celda electroquímica que analiza la muestra y mide el contenido de cada componente, estos valores o resultados son mostrados en la pantalla de una PC que se encuentra conectada al equipo (Mafla y Ortiz, 2007).

2.2.4.1. Principio de funcionamiento

Un analizador de gases se basa en el principio conocido como medición infrarroja no dispersiva de gases (NDIR) PARA CO, CO₂ y HC; y una celda galvánica para O₂.

Medición infrarroja no dispersiva de gases

La medición infrarroja se desarrolla mediante detectores infrarrojos, lo que están basados en la espectroscopia infrarroja. La radiación infrarroja pasa a través de una cámara de muestra que contiene el gas de muestra a analizar y la absorción cuantitativa de la energía en el gas se mide con un detector adecuado en un fotómetro no dispersivo. Se utiliza un haz infrarrojo dual para pasar a través de dos celdas, una cámara de medición llena con un gas de muestra y una celda de referencia llena con un gas no absorbente. El primero es la absorción del componente medido y el segundo no es absorción. Una rueda basculante permite que los gases lleguen alternativamente al detector. El detector consta de dos compartimentos separados por un diagrama, en los que llega la radiación no absorbida por las células y se llena con el mismo tipo de gas analito. Absorbe la energía radiante del haz (mayor, en la parte que recibe el haz que pasa por la celda de referencia), eleva su temperatura y aplica presión a la membrana. La modulación producida por la rueda de cambio provoca cambios periódicos de presión en la cámara. Estas señales son detectadas y convertidas en señales eléctricas. (Serrano, 2018)

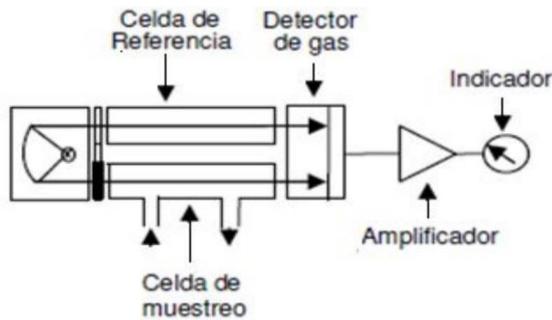


Ilustración 2-6: Sistema infrarrojo de medición de gases
Fuente: (Serrano, 2018)

Celda galvánica

Un sensor galvánico consta de un dispositivo de dos electrodos que contiene un electrolito absorbente. La presencia de oxígeno entre los electrodos crea una reacción electroquímica similar a la de una batería de hidrógeno-oxígeno (combustión). La corriente generada es proporcional a la concentración de oxígeno. Las celdas primarias están diseñadas específicamente para detectar concentraciones de oxígeno sin sensibilidad cruzada con otros gases.

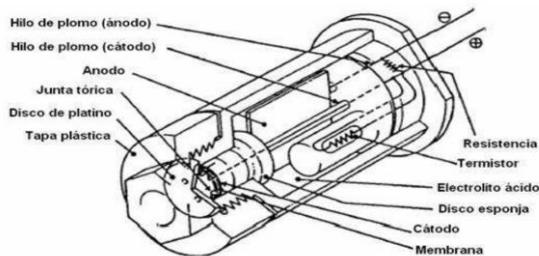


Ilustración 2-7: Celda Galvánica para medir O₂
Fuente: (Mafla y Ortiz, 2007)

2.2.4.2. Elementos esenciales que componen un analizador de gases

Elementos que cualquier tipo de analizador de gases debe contener:

- Fuente Ir. La fuente de luz de infrarroja provoca un extenso rango de frecuencias que cubre la banda de luz, agrandándose hacia ambas direcciones dentro del espectro visible y rayos ultravioleta.
- Filtro Ir. Es un tamiz óptico de limitación de paso de banda, el que se usa principalmente para seleccionar luz infrarroja centrada en una exacta longitud de onda. El centrado de la longitud de onda del filtro será específico al gas que será medido. Debido a que las emisiones gaseosas están constituidas de varios gases, se crea la necesidad de un instrumento de filtrado múltiple de luz infrarroja; por lo que la mayoría de estos equipos usan tres filtros separados, uno para cada gas: HC, CO, CO₂.
- Celda de muestreo. La muestra de gas que será medida es llevada dentro de una celda simple o un tubo de muestreo, cuyos extremos son ventanas que permiten que la luz infrarroja emitida

se dirija a través de los gases de muestra. El gas que se mide es depositado en una celda de muestreo que tiene largo y volumen constante.

- Detector de luz infrarroja. Es un detector sensitivo a lo ancho de onda de luz infrarroja que convierte la luz en voltaje
- Director de porcentaje de oxígeno. Dado que la concentración de aire contiene solo un 26% de oxígeno y tiene un espectro estrecho, se utilizan sensores de tipo "generador de pulsos" para las mediciones de O₂. El sensor de O₂ está compuesto por varios metales, y cuando se expone a una muestra de moléculas de oxígeno en su interior, se compensa con una referencia externa, creando una corriente magnética en la superficie del sensor que induce un voltaje que es traducida cantidad de oxígeno en la muestra de gas. (Mafla y Ortiz, 2007)

2.2.4.3. Lambda

La ecuación de Brettschneider es el método estándar de factor utilizado para poder calcular el equilibrio aire/combustible (Lambda). Estableció un método para calcular lambda "Balance de oxígeno en la combustión", comparo la proporción de moléculas de oxígeno con las de carbono e hidrógeno en el escape. Este valor se lo calcular a partir de tener los valores de CO, CO₂, HC no quemados y los quemados, ya calculados.

$$\lambda = \frac{[CO_2] + \left[\frac{CO}{2}\right] + [O_2] + \left[\frac{NO}{2}\right] + \left(\left(\frac{H_{cv}}{4} * \frac{3.5}{3.5 + \left[\frac{CO}{[CO_2]}\right]} \right) - \frac{O_{cv}}{2} \right) * ([CO_2] + [CO])}{\left(1 + \frac{H_{cv}}{4} - \frac{O_{cv}}{2}\right) * ([CO_2] + [CO] + (n * [HC]))}$$

Ecuación 1. Ecuación de Brett Schneider para el cálculo de lambda.

Fuente: (Schrader, 2007)

n = Número de átomos de carbono en una molécula del HC seleccionado. 6 para hexano (gasolina), 3 para propano (GLP), 1 para metano (GNC).

O_{cv} = Relación atómica entre el oxígeno y el carbono en el combustible.

H_{cv} = Relación atómica entre el hidrogeno y el carbono en el combustible.

λ = Concentración de gas en % de volumen.

2.2.4.4. Analizador MET 6.1

Este equipo ha sido diseñado para la medición de vehículos propulsados por gasolina, GNC y GLP, de la misma manera para el análisis preciso de los componentes gaseosos HC, CO, CO₂, O₂. Destaca por su innovadora separación de condensados debido a un separador de agua activo. Y gracias a su bajo peso, su diseño compacto y un corto tiempo de calentamiento hacen que sea más fácil su manejo.(MAHA, 2022).



Ilustración 2-8: Analizador de gases MET 6.1.
Fuente: (MAHA, 2022).

Este equipo de diagnóstico realiza la medición de los gases mencionados en las siguientes unidades:

- CO en % vol.
- CO₂ en % vol.
- HC en ppm.
- O₂ en % vol.

Entre los beneficios que presenta este equipo se encuentra el cálculo de los siguientes valores:

- λ
- CO corregido en % vol.

Cabe aclarar que este equipo de diagnóstico solo será compatible con equipos que cuenten con el software para emisiones de MAHA

Componentes

A continuación, se podrá identificar los componentes del equipo MET 6.1 por medio de estos se puede llevar a cabo la prueba de diagnóstico de gases se recomienda leer los manuales de instrucción.



Ilustración 2-9: Componentes del equipo MET 6.1
Fuente: (MAHA, 2022)

- A. Analizador de gases de escape MET 6.1
- B. dos unidades de filtro de recambio F1
- C. Fuente de alimentación de mesa 60 W
- D. Pinza trigger
- E. Cable LAN
- F. Instrucciones de servicio con libro de pruebas o certificados de inspección
- G. Sonda con tubería flexible de 200 cm + sonda de 60 cm
- H. Tubo hermético para la prueba de estanqueidad
- I. Junta teórica de recambio para acoplamiento de tubo de sonda
- J. Junta teórica de recambio para separador de agua
- K. Depósito de condensación
- L. Software de operación EURORSYSTEM con código PIN para la activación

Elementos de mando, interfaz y componentes

Los elementos de mando nos permitirán configurar al equipo en las condiciones que establecen las normativas realizar este tipo de trabajo, en cuanto al interfaz permitirá identificar los niveles de emisiones los gases que están establecidas en la normativa.

Vista frontal y trasera

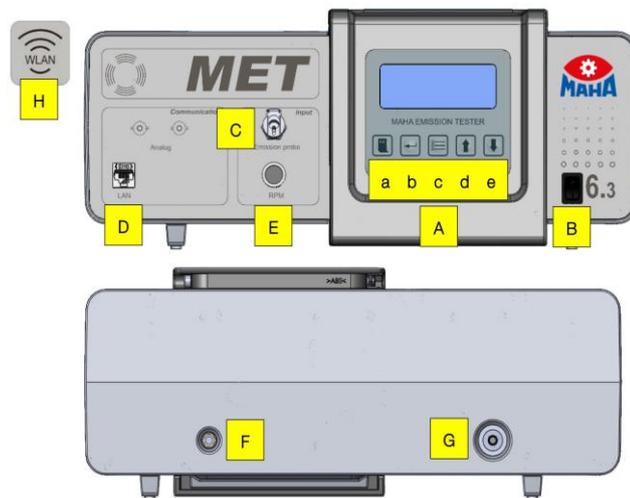


Ilustración 2-10: Entradas y mandos del MET 6.1
Fuente: (MAHA, 2022)

- A. Pantalla con teclas de control a: Salir / b: confirmar / c: Menú / d: Avanzar en el menú / e: Retroceder en el menú
- B. Interruptor principal
- C. Acoplamiento para sonda de gas de medición
- D. Conexión LAN para red

- E. Interfaz RS232 (opcional para la conexión software externo)
- F. Conexión de sensor de revoluciones y temperatura de aceite
- G. Alimentación de corriente
- H. Salida de gas y liquido de condensación

Vista lateral

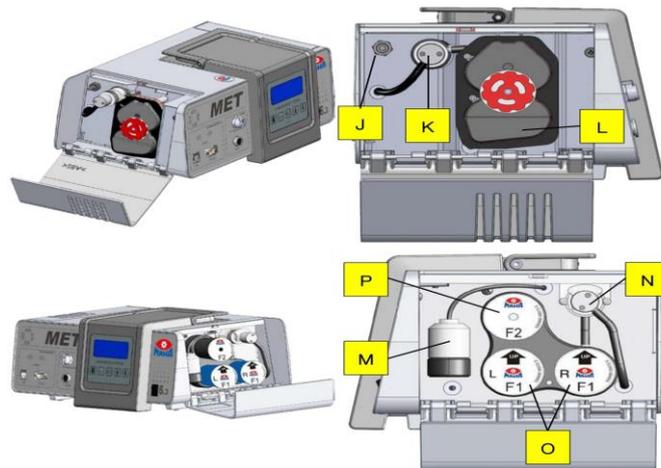


Ilustración 2-11: Componentes internos del MET6.1
Fuente: (MAHA, 2022)

- J. Entrada de gas de calibración
- K. LED del analizador
- L. Separador de agua
- M. Sensor O₂
- N. Sensor de opacímetro
- O. Filtro F1
- P. Filtro F2

2.2.4.5. Analizador MGT 5

El analizador de gases MGT 5 es un instrumento para el análisis por infrarrojo de los gases de escape de motores Otto. El control de los valores de emisión de CO/CO₂/HC es fundamental para la puesta a punto óptima del motor, así como para el diagnóstico de averías del motor. El instrumento mide los porcentajes en volumen de CO/CO₂/HC basado en el principio de absorción selectiva de cada gas en la zona de la radiación infrarroja. El gas de escape a analizar se extrae del tubo de escape a través de la sonda. (MAHA, 2015).



Ilustración 2-12: Equipo de análisis de gases MGT 5.
Realizado por: Naula L, Romero L, 2023.

Componentes

A continuación, se podrá identificar los componentes del equipo MGT 5 por medio de estos se puede llevar a cabo la prueba de diagnóstico de gases se recomienda leer los manuales de instrucción.

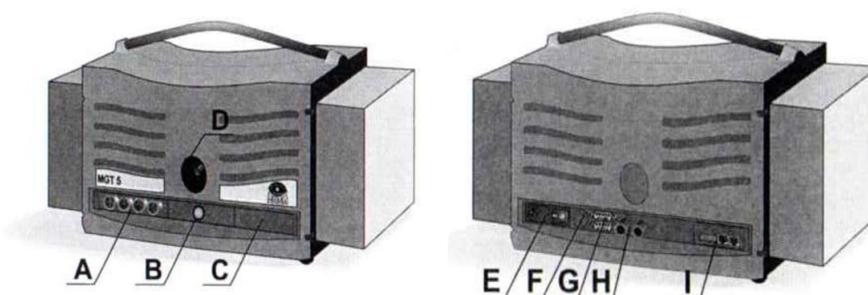


Ilustración 2-13: Componentes del equipo MGT 5
Fuente: (MAHA, 2015)

A. Modulo RPM estándar 1

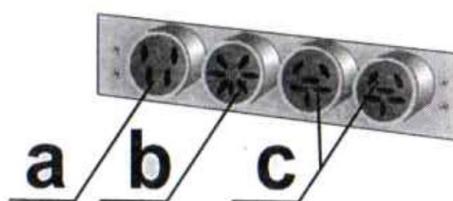


Ilustración 2-14: Modulo RPM del MGT 5
Fuente: (MAHA, 2015)

- a) Pinzas de disparo, bobina de encendido, estroboscopio, entrada para RPM eléctricamente aislada
- b) Temperatura del aceite
- c) Detector piezoeléctrico, barrera de luz, transmisor, Roto-Phon.
- B.** Lampara del control y señal controladora del módulo de revoluciones
- C.** Modulo adicional (opcional)p.ej. vehículos CAN-BUS, o OBD/EOBD-Scantool
- D.** Entrada del gas a medir

- E. Fuente de alimentación con fusible y conmutador 85-265 V CA
- F. Preparación para el funcionamiento con la batería de vehículo, (Conmutador 10-42 V CC)
- G. Interfaz RS232 para terminal de mano
- H. Salida de agua
- I. Conexión a red eléctrica, aquí: Conexión LON también bus USB.

Vista Lateral

El analizador de gases MGT5 tiene dos partes laterales las cuales son desplegadas en donde se encuentran varios filtros, estos permiten que el controlador pueda regular y calibrar en caso de que lo necesite.



Ilustración 2-15: Componentes internos del MGT 5

Fuente: (MAHA, 2015)

- J. Filtro de carbón activado para el ajuste a cero
- K. Entrada gas de calibrado
- L. Sensor NO (opcional), en la mayoría hay un tapo ciego en la entrada del sensor
- M. Sensor de O₂
- O. Filtro de suciedades, filtro de partículas
- P. Separado de agua

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo se desarrollará el marco metodológico se indicará el camino de la investigación con la ayuda de métodos, técnicas y herramientas. Según Franco citado en Azuero dice que el marco metodológico es el conjunto de técnicas, herramientas y procedimientos que se aplican para formular y resolver el problema planteado. En este capítulo se explicará cómo se realizó la investigación en donde se indica el enfoque, el nivel de investigación, tipo de diseño de la investigación, población, muestra, técnicas e instrumentos para la recolección de datos. Además, la validez y confiabilidad para el análisis de datos. (Azuero, 2019).

3.1. Enfoque de investigación

Para lograr el alcance de la investigación primero se debe definir con claridad el enfoque del trabajo, dado que se busca comprobar la hipótesis planteada con anterioridad, así como los objetivos trazados, el presente trabajo se desarrollará bajo el planteamiento metodológico del enfoque cuantitativo, ya que es la que más se relaciona con este tipo de trabajo.

El enfoque cuantitativo utiliza la observación del proceso en forma de recolección de datos para luego ser analizados y poder responder las interrogantes que se da a partir de la hipótesis, este tipo de enfoque utiliza los análisis estadísticos, que se dé a partir de una fuente de recolección de datos estandarizados.

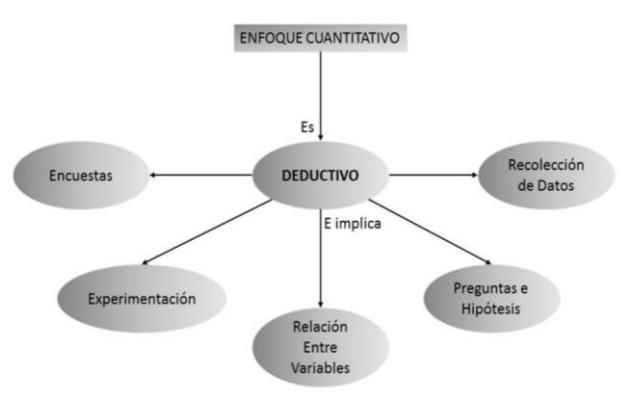


Ilustración 3-1: Características del enfoque cuantitativo.

Fuente: (Otero,2018).

Dado que se preténdete demostrar que la medición del analizador MGT 5 y el MET 6.1 no difieren, se recurrirá a las siguientes características del enfoque cuantitativo:

- **Experimentación:** El estudio se desarrollará a través de la experimentación de pruebas de diagnóstico de gases en el centro de revisión técnica vehicular de Tungurahua

- **Recolección de datos:** Se recolectará los datos en base a una muestra que será calculada en base al ingreso mensual de vehículos a gasolina en el CRTV
- **Preguntas e Hipótesis:** Para aceptar o rechazar nuestra hipótesis se recurrirá a la estadística comparativa, el método con el que se trabajará será el estadístico Z de dos muestras

3.2. Nivel de investigación

La investigación es un proceso reflexivo, sistemático, controlado y crítico encaminado a descubrir o explicar hechos y fenómenos, relaciones y leyes en un campo de la realidad, conocer parte de la verdad y no descubrir mentiras parciales.

Según Roberto Marroquín la investigación correlacional tiene como finalidad establecer un grado de relación o asociación no causal existente entre dos o más variables. Se caracterizan por medir primero las variables y luego, mediante pruebas de hipótesis correlacionales y con la aplicación de técnicas estadísticas, se estima la correlación. Esta investigación es de carácter correlacional, debido a que tuvo el propósito de medir el grado de relación entre las variables de los equipos de analizadores de gases de un motor Otto. (Marroquin, 2019).

3.3. Diseño de investigación

A continuación, se describe las estrategias en las cuales se basará la investigación con el propósito de cumplir los objetivos y sobre todo afirmar o negar la hipótesis planteada. De acuerdo con el objetivo planteado, se realizará un trabajo comparativo de las mediciones de dos analizadores de gases por lo cual el método correcto para llevar a su fin es el de diseño experimental, porque se estudiará más de dos grupos de variables dependientes, que serán controlados por un grupo de variables estandarizadas.

3.3.1. Diseño de investigación experimental

De acuerdo con Ramos el sub-diseño experimental tiene la característica de una asignación aleatoria probabilística de los grupos experimentales y control, además por contar con dos o más niveles de manipulación de la variable independiente y por la medición pre y post test de la variable dependiente. (Ramos, 2021).

3.3.1.1. Esquema del diseño de la investigación

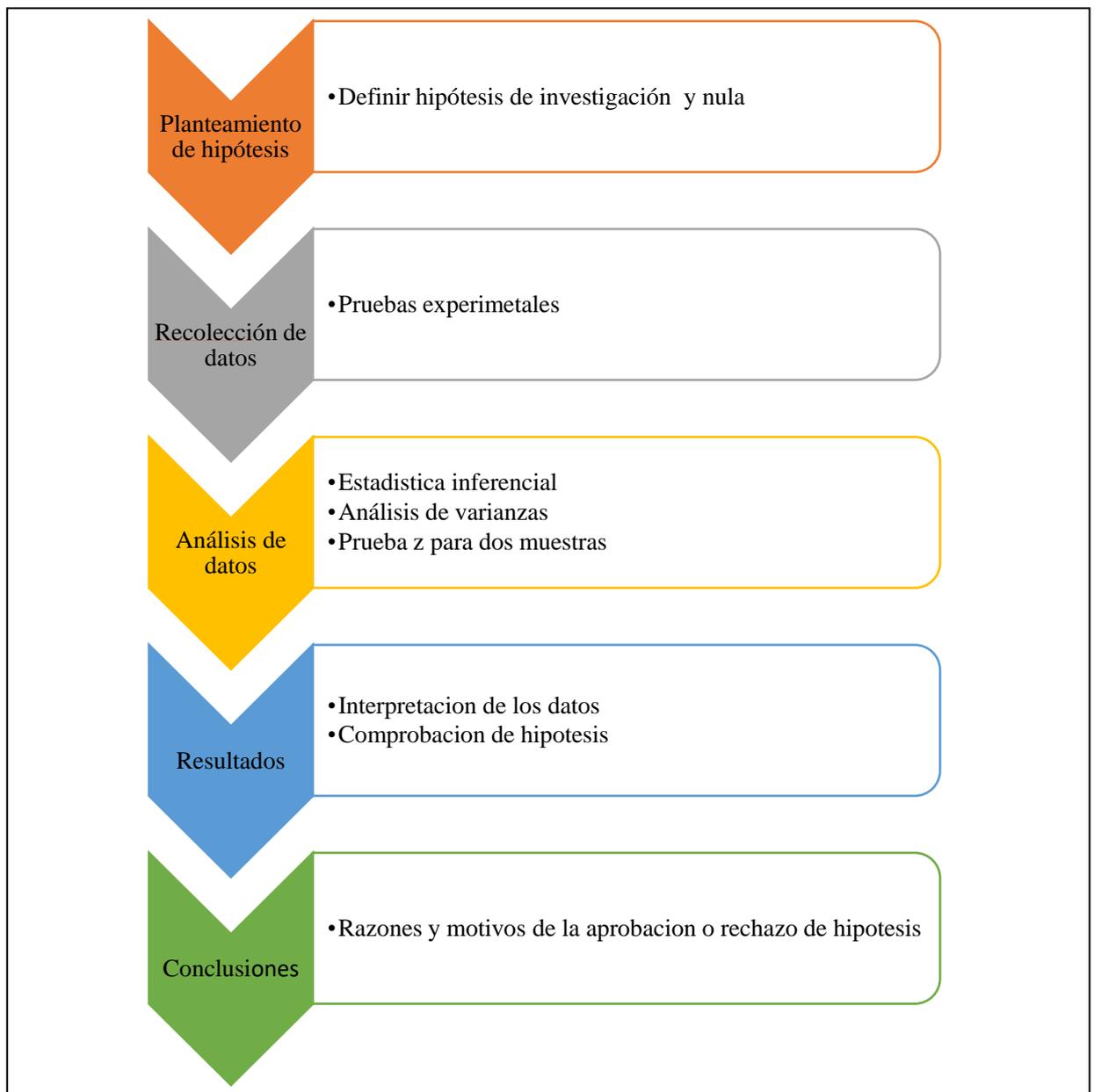


Ilustración 3-2: Esquema sobre el diseño de investigación.

Realizado por: (Naula L, Romero L, 2022)

3.3.1.2. Identificación y operacionalización de variables

La hipótesis de la investigación es el enunciado que pone en relación dos o más variables que van a servir de argumento básico en todo el proceso de la investigación, para lo cual es importante establecer de forma clara las variables que son causas, las que son efecto. (Buendía, Colas y Hernández, 2001)

Tabla 3-1: Variables Independientes y dependiente de estudio.

Variables	Indicadores		Definición operacional
Variables independientes	Analizadores de gases	- MGT 5 - MET 6.1	La variable será analizada mediante la medición de gases en la prueba de emisiones en varios vehículos.
Variable dependiente	Lectura de Emisiones de gases (Composición)	- CO ₂ - CO - HC - O ₂	Estas variables serán analizadas en base al porcentaje y partes por millón de los residuos de combustión. Estas variables dependerán de las condiciones de prueba, es decir el estado de ralentí y altas revoluciones del motor
	Factor de combustión (Aire / combustible)	- lambda (λ)	

Realizado por: Naula L, Romero L, 2023.

3.4. Tipo de estudio.

Para desarrollar el trabajo de investigación se debe tener en claro el tipo de estudio que se va a realizar, según la necesidad de la investigación se recurrió a los siguientes tipos de estudio.

3.4.1. Estudio bibliográfico – documental y campo

Para Arias “la investigación documental es un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales”.

La presente investigación hace referente a fuentes bibliográficas, ya que busca una amplia información sobre el tema, para poder tener una base teórica que apoye a la investigación y contribuye al desarrollo de conceptos y términos que se utilizaran en la investigación.

También se menciona en el trabajo de Arias d que “la investigación de campo es aquella que consiste en la recolección de datos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos, sin manipular o controlar variable alguna, es decir, el investigador obtiene la información, pero no altera las condiciones existentes”.

Para este tipo de investigación se aplicó este tipo de modalidad para la verificación de la hipótesis de trabajo, donde se recopilaron datos de varias fuentes, razón que se obtendrá contacto directo con el equipo de estudio. (Arias, 2012).

3.5. Población y Planificación, selección y cálculo del tamaño de la muestra

Es importante establecer con claridad la población de estudio y la muestra respectiva para responder con un nivel alto de confianza la hipótesis. La obtención de la población y muestra serán expuestas a continuación:

3.5.1. Población

La población de estudio es un conjunto de casos, definidos, limitados y accesibles, que formarán el referente para la selección de la muestra, y que cumple con un conjunto de criterios predeterminados. La población tiene la peculiaridad de ser analizada, medida y cuantificada. Es necesario aclarar que cuando habla de población de estudio, el término no se refiere exclusivamente a los seres humanos, pero que también puede corresponder a animales, muestras biológicas, registros, hospitales, objetos, familias, organizaciones. Es conveniente que la población o universo se identifique desde los objetivos del estudio. (Arias-Gómez, Villasís-Keever y Miranda-Novales, 2016).

3.5.2. Selección de la población a estudiar

En la actualidad existen alrededor de 62 CRTV en el país los cuales cumplen con la función de rechazar, aprobar y condicionar la circulación de vehículos.



Ilustración 3-3: Centros de revisión técnica vehicular en servicio y por implementar en el país.
Fuente: (ANT,2020)

De los centros de revisión vehicular vigentes, nuestra población de estudio se obtendrá del centro de revisión técnica vehicular de Tungurahua el cual es uno de los centros que más servicio brinda abarca toda la provincia de Tungurahua, pero además suelen atender a vehículos del centro y norte del país. Por la cual nuestra población será grande y se hallará en el marco de resultados.



Ilustración 3-4: Mancomunidad de tránsito Tungurahua.
Fuente: (E.P. Mancomunidad de tránsito Tungurahua,2022)

Dentro de la revisión técnica vehicular, las pruebas se clasifican según el tipo de vehículo, las cuales son:

- Revisión Técnica Vehicular Livianos
- Revisión Técnica Vehicular Pesados
- Revisión Técnica Vehicular Buses
- Revisión Técnica Vehicular Taxis / Furgonetas / Camionetas
- Revisión Técnica Vehicular Motocicletas / Plataformas

La población de estudio partirá de la revisión técnica vehicular de vehículos livianos que por lo general son vehículos a gasolina y camionetas.

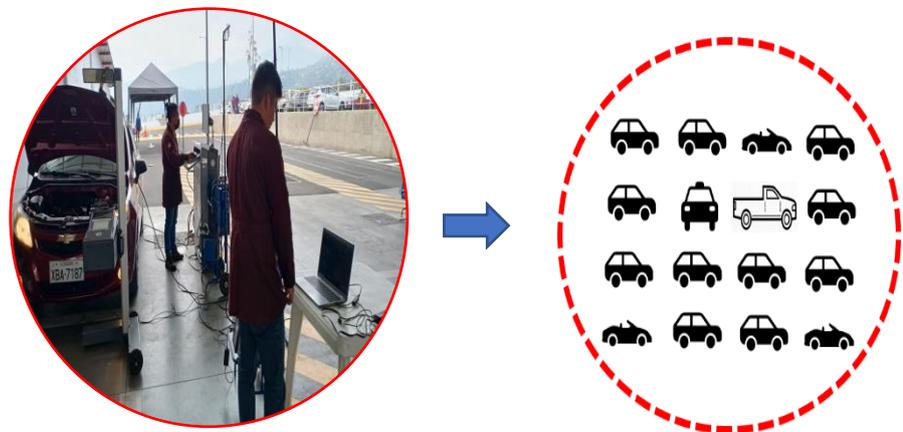


Ilustración 3-5: Prueba de gases en vehículos a gasolina

Realizado por: (Naula L, Romero L,2023)

La población se hallará del promedio de vehículos revisando mes a mes dentro del periodo de toma de datos de la investigación. Se ha tomado el número de vehículos de los meses de septiembre a diciembre del 2022 a partir del reporte mes a mes de la empresa CRTVT la cual ha facilitado para el estudio.

Fecha	Revisión	Centro RTV	Placa	Estado Visita	Numero Chasis	Año Vehículo	Tipo	Sub Tipo
9/01/2022	2	CENTRO RTV PELILEO	PB15127	Aprobado	KNAFW612AA5250617	2010	LIVIANO	AUTOMOVIL
9/01/2022	2	CENTRO RTV PELILEO	TBA8156	Aprobado	KMFZBX7HAAU594584	2010	PESADOS	CARGA
9/01/2022	2	CENTRO RTV PELILEO	PBA9253	Aprobado	KMHCN41CP8U160789	2008	LIVIANO	AUTOMOVIL
9/01/2022	2	CENTRO RTV PELILEO	PWV0208	Aprobado	8YTRF08L918A10966	2001	LIVIANO	CAMIONETAS
9/01/2022	2	CENTRO RTV PELILEO	TDR0437	Aprobado	LZWACAGA891000090	2009	LIVIANO	CAMIONETAS
9/01/2022	2	CENTRO RTV PELILEO	IAG0607	Aprobado	3N1EB31S02K371479	2002	LIVIANO	AUTOMOVIL
9/01/2022	1	CENTRO RTV PELILEO	TBH5738	Aprobado	8LATD52Y6K0389655	2019	LIVIANO	AUTOMOVIL
9/01/2022	1	CENTRO RTV PELILEO	TBC9328	Aprobado	KMJWA37HACU442956	2012	LIVIANO	CAMIONETAS
9/01/2022	1	CENTRO RTV PELILEO	PBK6607	Aprobado	8LATD586XB0054792	2011	LIVIANO	AUTOMOVIL
9/01/2022	1	CENTRO RTV PELILEO	HAA2467	Aprobado	JHDKA8JRSEFX12593	2015	PESADOS	BUS
9/01/2022	1	CENTRO RTV PELILEO	PIK0096	Aprobado	JHDFC4JU4XX10190	2004	PESADOS	CARGA
9/01/2022	1	CENTRO RTV PELILEO	PKM0168	Aprobado	Z691A0460	1991	LIVIANO	AUTOMOVIL
9/01/2022	1	CENTRO RTV PELILEO	PBU5697	Aprobado	8LATD51Y9B0109244	2011	LIVIANO	AUTOMOVIL
9/01/2022	1	CENTRO RTV PELILEO	TBH7468	Aprobado	8LATD52Y2K0392424	2019	LIVIANO	AUTOMOVIL
9/01/2022	1	CENTRO RTV PELILEO	HCL0317	Aprobado	9GDNHR55X7B007959	2007	PESADOS	CARGA
9/01/2022	1	CENTRO RTV PELILEO	PTS0761	Condicionado	S08137G05726	1996	LIVIANO	AUTOMOVIL
9/01/2022	2	CENTRO RTV PELILEO	PTS0761	Aprobado	S08137G05726	1996	LIVIANO	AUTOMOVIL
9/01/2022	1	CENTRO RTV PELILEO	LBT0939	Aprobado	JHLRD1750WC256238	1998	LIVIANO	AUTOMOVIL
9/01/2022	1	CENTRO RTV PELILEO	PBN1999	Aprobado	JL6BBE6H0BK000303	2011	PESADOS	CARGA
9/01/2022	1	CENTRO RTV PELILEO	TBC6219	Aprobado	JAANLR55EC7102628	2012	PESADOS	CARGA
9/01/2022	1	CENTRO RTV PELILEO	PVF0738	Aprobado	LB1208F8326	1999	LIVIANO	CAMIONETAS
9/01/2022	1	CENTRO RTV PELILEO	ABB7376	Aprobado	KMFZBX7HAAU665970	2011	PESADOS	CARGA
9/01/2022	1	CENTRO RTV PELILEO	PBO7589	Aprobado	8LFUNY02GBM002529	2011	LIVIANO	CAMIONETAS
9/01/2022	1	CENTRO RTV PELILEO	PBV9147	Aprobado	9FBLSRADBCM047411	2012	LIVIANO	AUTOMOVIL
9/01/2022	1	CENTRO RTV PELILEO	XBB1577	Aprobado	KMHCT41DADU367462	2013	LIVIANO	AUTOMOVIL
9/01/2022	1	CENTRO RTV PELILEO	PIE0678	Aprobado	9FH31UNE848001784	2004	LIVIANO	CAMIONETAS
9/01/2022	1	CENTRO RTV PELILEO	PBQ7678	Aprobado	MR0EX12G5B2043100	2011	LIVIANO	CAMIONETAS
9/01/2022	1	CENTRO RTV PELILEO	HOM0048	Aprobado	JTDBT933481247005	2008	LIVIANO	AUTOMOVIL

Ilustración 3-6: Características sobre los datos medidos.

Realizado por: Naula L, Romero L, 2023.

Los datos que se pueden apreciar en la ilustración 6-3, nos sirven para clasificar la población, será el promedio de los automóviles y camionetas de los cuatro meses ya mencionados. Recalcando que este tipo de población será finita.

$$Promedio_{AUTOMOVIL} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{N}$$

$$Promedio_{CAMIONETAS} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{N}$$

3.5.3. Muestra

Una muestra estadística es una parte o subconjunto de unidades representativas de un conjunto llamado población o universo, seleccionadas de forma aleatoria, y que se somete a observación científica con el objetivo de obtener resultados válidos para el universo total investigado, dentro de unos límites de error y de probabilidad de que se pueden determinar en cada caso. (López-Roldán y Fachelli, 2015).

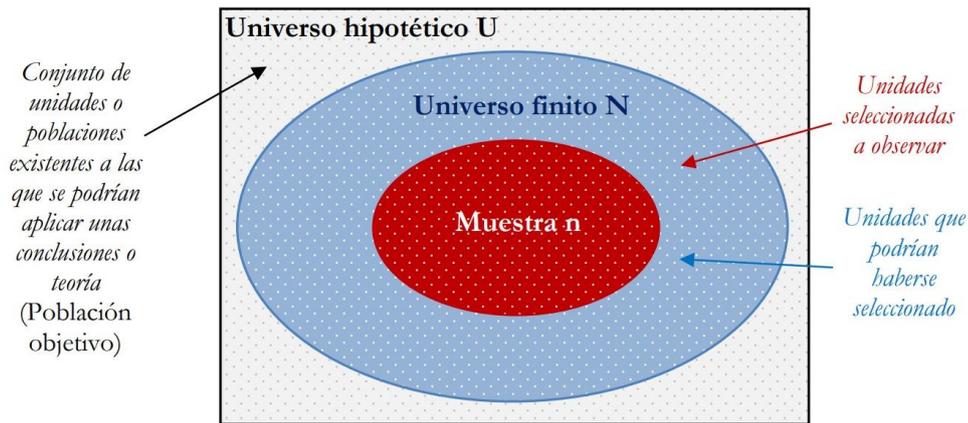


Ilustración 3-7: Representación de una muestra sobre un universo finito.
Fuente:(López-Roldán y Fachelli, 2015)

3.5.4. Determinación del tamaño de la muestra

El objetivo de una muestra está en alcanzar la mayor representatividad o precisión posible en la estimación de los parámetros poblacionales. En la determinación del tamaño muestral se combinan estos cuatro elementos que entraran en la fórmula de cálculo:

1. La extensión del universo, diferenciando dos situaciones: si la población es finita (si tienes menos de 100.000 individuos) o es infinita (a partir de 100.000 individuos)
2. El nivel de confianza adoptado, el nivel de confianza establece la probabilidad o confiabilidad de nuestros resultados, los cuales se elaboran y razonan en términos probabilísticos. El criterio habitual que se sigue es estimar un nivel de confianza del 95,5%.
3. El error muestral asociado al estadístico elegido de estimación. Veremos sobre todo estimaciones de medias y proporciones (o porcentajes) y en cada caso los cálculos tendrán sus especificidades.
4. La varianza (o desviación típica) de la población: s 2. Cuando se estiman medias es la fórmula habitual de cálculo de la varianza de una variable, y puede ser un dato disponible o estimado.

Tabla 3-2: Fórmulas utilizadas para la obtención de la población y tamaño de muestra.

Muestra		Población	
		Infinita	Finita
Parámetro	Media	$n = \frac{z^2 * \sigma^2}{e^2} \quad (3)$	$n = \frac{z^2 * \sigma^2 * N}{(N - 1) * e^2 + z^2 * \sigma^2} \quad (5)$
	Proporción	$n = \frac{z^2 * P * Q}{e^2} \quad (4)$	$n = \frac{z^2 * P * Q * N}{(N - 1) * e^2 + z^2 * P * Q} \quad (6)$

Realizado por: (Naula L, Romero L, 2022)

n = muestra

z^2 = El número de unidades de desviación que indica el nivel de confianza adoptado, elevado al cuadrado

σ^2 = La varianza de la variable cuantitativa sobre la que se calcula la media.

e^2 = El error muestral considerado, elevado al cuadrado.

N = El tamaño de la población

P = La proporción (o porcentaje) de individuos que tienen una característica.

Q = La proporción (o porcentaje) de individuos que no tienen la característica

En este caso se ocupará una muestra con error de proporción para una población finita la ecuación (3) entonces debemos definir la varianza de una proporción la varianza de una proporción, el error muestral y el nivel de confianza

3.5.4.1. Varianza de una proporción

La varianza se obtiene del producto de P por Q . Sabemos que este producto alcanza un valor máximo, por tanto, proporciona un error máximo. Para cualquier par P y Q , siempre se cumple que: $14 P * Q < ,$ es decir, siempre es menor o igual como máximo a 0,25.

A continuación, se presenta posibles varianzas en caso de tener diferentes valores de P y Q .

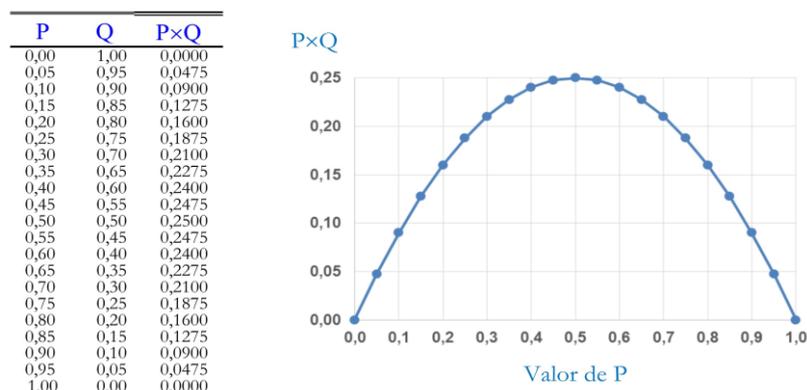


Ilustración 3-8: Varianza para los diferentes valores de P y Q .

Fuente: (López-Roldán y Fachelli, 2015)

3.5.4.2. Nivel de confianza

Un nivel de confianza se define como la probabilidad de obtener un valor poblacional a partir de una muestra. Si decimos que el nivel de confianza es del 95% (0,95), estamos diciendo que para un tamaño muestral y desviación obtenidas, el parámetro poblacional se situará el 95% de las veces en un intervalo de valores que determina el valor del estadístico (o estimación puntual) sumándole y restándole el error muestral.

La siguiente tabla se presenta posibles constantes según el porcentaje de nivel de confianza más común.

Tabla 3-3: Valor de la constante K según el nivel de confianza.

K	1.15	1.28	1.44	1.65	1.96	2	2.58
Nivel de Confianza	75%	80%	85%	90%	95%	95.5%	99%

Realizado por: Naula L, &Romero L, 2023.

3.5.4.3. Error muestral

El error de muestreo esperado mide la exactitud o de precisión con la que podemos obtener un conjunto de la muestra. Como se mencionó anteriormente, este valor estará determinado por las necesidades estadísticas, es decir, el error se cuantifica por la varianza del estadístico considerado en cada caso.

3.5.4.4. Cálculo del tamaño de la muestra del trabajo de investigación

La muestra se encontrará a partir de la ecuación 6 por razones de que se tiene una población finita y proporcional.

$$n = \frac{z^2 * P * Q * N}{(N - 1) * e^2 + z^2 * P * Q} \quad (6)$$

3.6. Métodos, técnicas e instrumentos de investigación

Esta sección es muy importante para el desarrollo del estudio, se abordará argumentos acerca de los métodos que sigue la investigación para cumplir los objetivos, las técnicas y herramientas necesarias para la compilación y análisis de datos obtenidos.

3.6.1. Revisión bibliográfica sobre los temas que aportaran a la investigación.

Para llevar a cabo la investigación, se indago en fuentes confiables: Google académico, Scielo, Scopus, Elsevier, etc. Sobre temas relacionados con las normas y los tipos de equipos que se utilizó para realizar las distintas pruebas de gases, de la misma manera poder conocer cómo realizar las pruebas de gases. A continuación, se indica el proceso de la revisión bibliográfica.

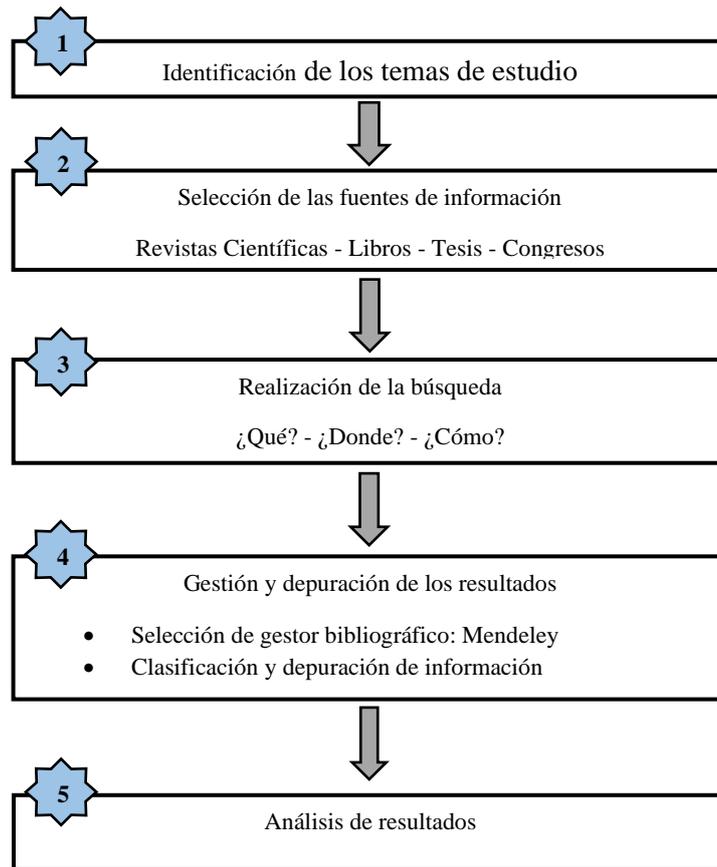


Ilustración 3-9: Proceso de una revisión bibliográfica de los temas de investigación.

Realizado por: Naula L, Romero L, 2023.

3.6.2. *Proceso de recopilación de datos*

A continuación, se explicará el procedimiento para la medición de gases con los equipos MET 6.1 y MGT 5 por lo cual debemos conocer ciertos términos preliminares para el entendimiento del estudio.

3.6.2.1. *Alcance*

La prueba de gases está determinada para vehículos a gasolina debido a que los dos analizadores son para motores de ciclo Otto. Además, estas pruebas son estáticas en ralentí y altas revoluciones.

3.6.2.2. *Proceso para realizar la prueba de gases adecuadamente.*

En este apartado se muestra como fue el proceso para la obtención de los datos mediante ilustraciones para una fácil comprensión, primero se indicará de manera general la instalación de los dos equipos para luego especificar paso a paso el procedimiento de la obtención de los gases de escape.

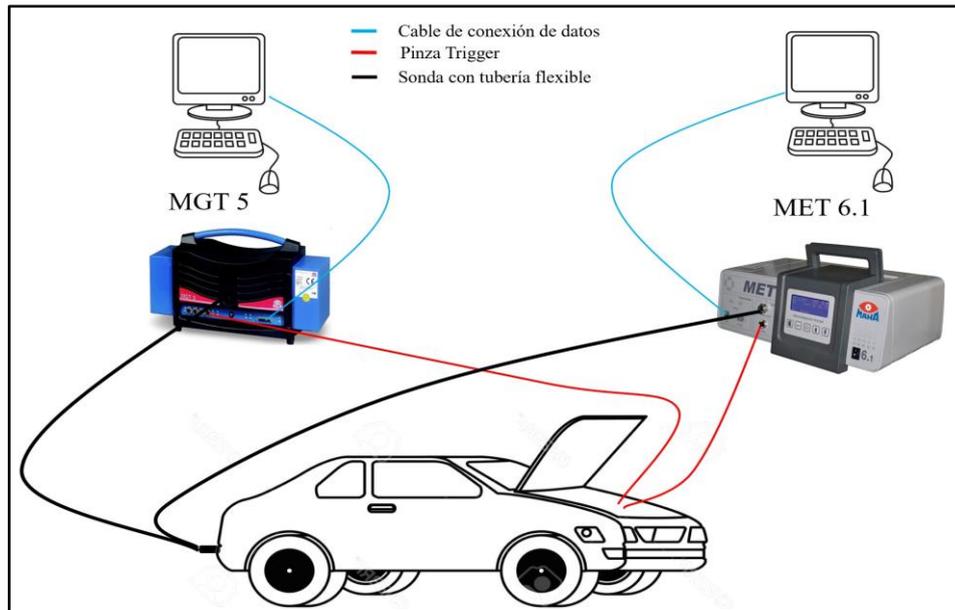


Ilustración 3-10: Conexión de los equipos de medición, en todas las pruebas estáticas.
Realizado por: Naula L, Romero L, 2023.

En la figura 10-3 se puede observar la conexión básica de los equipos con el cual se realiza la prueba de gases en un centro de revisión técnica vehicular, para el entendimiento de la ilustración indicaremos las entradas y salidas de los equipos en la tabla 3-5

Tabla 3-4: Ubicación de los componentes que se usan en los dos equipos de análisis de gases.

	<p>D: Salida del cable de conexión de datos C: Puerto para el cable y la sonda E: Puerto para el cable de la pinza trigger</p>
	<p>C: Salida del cable de conexión de datos D: Puerto para el cable y la sonda A: Puerto para el cable de la pinza trigger</p>

Realizado por: Naula L, Romero L, 2023.

A continuación, en la tabla 5-3 se muestra el procedimiento de la calibración de los analizadores de gases el cual es un proceso muy importante antes de iniciar las mediciones

Tabla 3-5: Proceso de calibración de los analizadores de gases.

Secuencias	Actividad
Ajuste	<ul style="list-style-type: none">▪ Poner en marcha el analizador de gases.▪ Con ayuda del software ingresar a ajuste/calibración▪ Introducir los componentes del gas calibrado en la entrada de datos.▪ Confirmar las entradas correctas
Conexión de la bombona de gas calibrado	<ul style="list-style-type: none">▪ Conectar la bombona de gas calibrado al analizador de gases.▪ Abrir la válvula de la bombona.
Ajuste a cero	<ul style="list-style-type: none">▪ Abrir la válvula de la bombona y esperar 40 segundos.
Ajuste de la presión del gas calibrado	<ul style="list-style-type: none">▪ Conectar la válvula reductora de presión a la bombona.▪ Abrir la válvula reductora de presión y ajustar hasta que la aguja se posicione en la zona verde del indicador.▪ Cuando la presión sea constante, pulsar en el software la opción “Presión correcta”
Calibración	<ul style="list-style-type: none">▪ En el software aparecen los valores medidos con anterioridad y los nuevos valores con el aire calibrado, estos valores deben estar dentro de una tolerancia de 5%▪ Caso contrario se procede a realizar nuevamente el procedimiento.
Terminar calibración	<ul style="list-style-type: none">▪ Cerrar el suministro de gas calibrado▪ Retirar el tubo flexible de entrada de gas▪ En el software pulsar en la opción “Calibración Terminada”

Fuente: (Núñez, 2019)

Realizado por: Naula L, Romero L, 2023.

Tabla 3-6: Mantenimiento de los analizadores de gases.

Secuencia	Actividad
Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none">▪ Limpieza externa▪ Verificación del estado de los filtros▪ Cambio de filtros▪ Verificación y limpieza de las mangueras▪ Limpieza de la bomba de succión.

Fuente: (Núñez, 2019)

Realizado por: Naula L, &Romero L, 2023.

A continuación, se puede observar en forma real de cómo se realizó las pruebas y obtención de los datos dentro de la fase experimental de nuestro trabajo.



Ilustración 3-11: Esquema de cómo fue realizado las conexiones de los equipos.

Realizado por: Naula L. & Romero L, 2023.

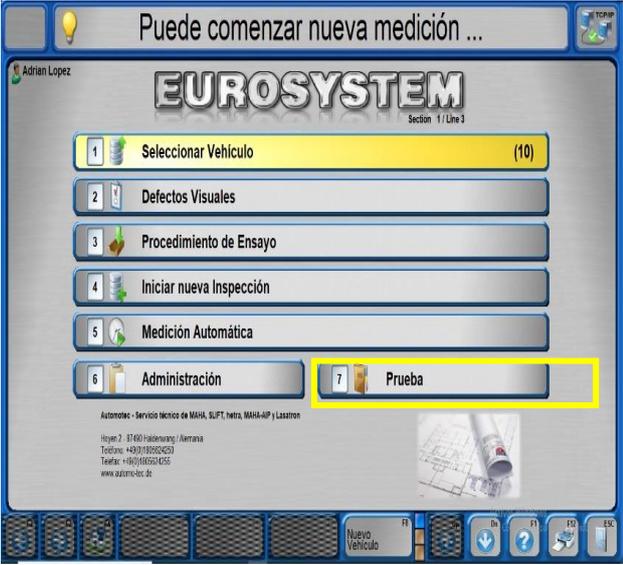
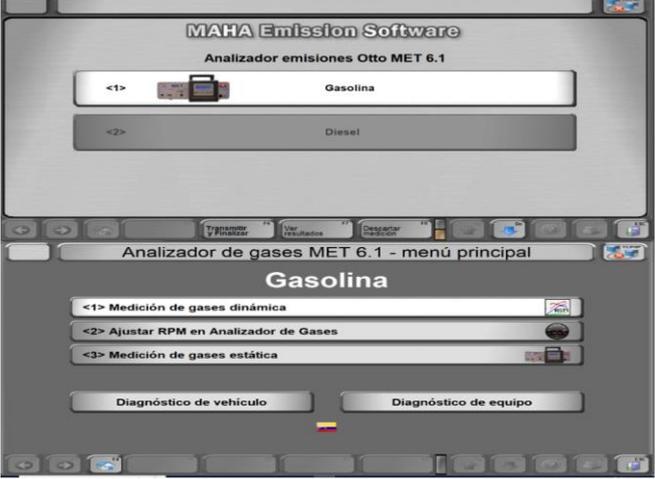
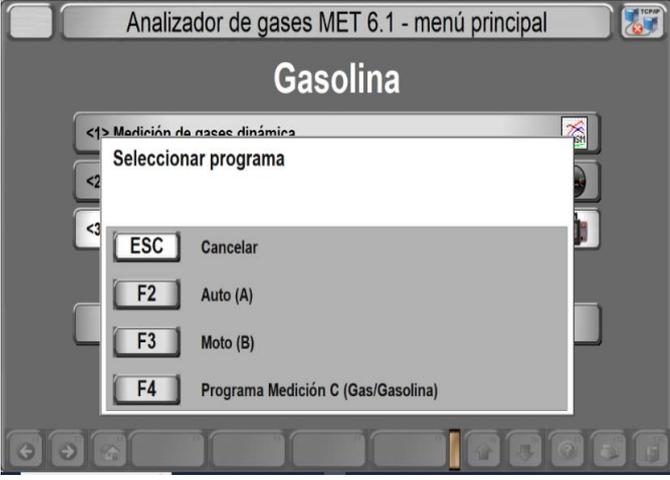
3.6.2.3. *Procedimiento de la prueba de diagnóstico de emisiones en el centro de revisión vehicular.*

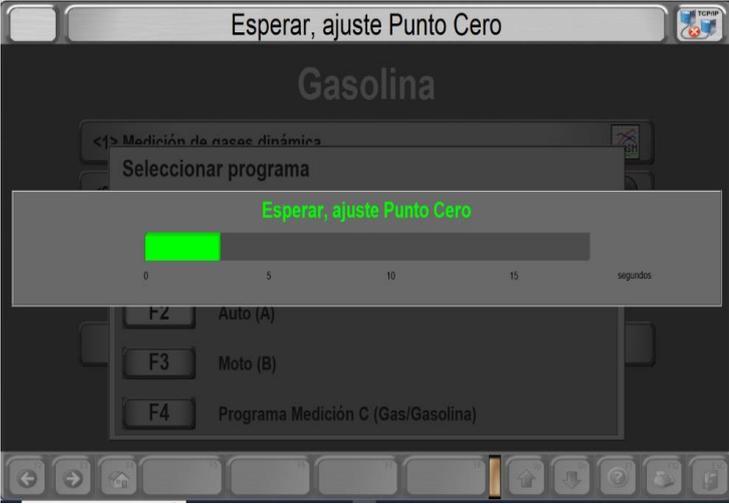
En la tabla 7-3 se indica la obtención de los datos paso a paso, el principio de medición en el analizador de gases por esta razón se indica en el analizador MET 6.1.

Tabla 3-7: Proceso de la obtención de datos con los equipos MET 6.1 y MGT 5.

Procedimiento de operación MET 6.1 y MGT 5.	
Descripción	Imagen
<p>1 Conectar el equipo de diagnóstico de gases en la entrada correspondiente a una fuente eléctrica de 110 V</p>	

2	<p>El cable de conexión de datos consta de tres pasos para instalarlo:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Conectar el extremo de alimentación al equipo base. 2. Posteriormente conectar el otro extremo al cable de conversión serial a USB y 3. Por último, el extremo USB a la PC. 	
3	<p>Conectar el cable de la sonda en el puerto del analizador de gases y el otro extremo colocar la sonda en el tubo de escape. Se recomienda revisar que este bien conectado la sonda</p>	
4	<p>Conectar la pinza trigger, en un extremo se debe conectar el cable a la entrada que se especifica en la tabla 1 y en el otro conectar la pinza a los cables de las bobinas o algún cable que se pueda visualizar la lectura de los R.P.M</p>	

<p>5</p>	<p>Una vez instalado los equipos se procede ingresar a la interfaz de las pruebas técnicas de revisión que disponga el centro de revisión.</p> <p>En este caso se utiliza el Eurosystem, El cual iniciamos seleccionando el vehículo a prueba ingresando su placa y kilometraje</p> <p>Después de ingresar el vehículo seleccionamos la prueba de análisis de gases</p>	
<p>6</p>	<p>Como se va a desarrollar la prueba en vehículos a gasolina, como siguiente paso se debe elegir la opción de gasolina y como recomendación realizar la medición de gases estática.</p>	
<p>7</p>	<p>Dentro de la prueba de medición estática, se abre las siguientes opciones, y se debe dar clic a la opción Auto.</p>	

<p>8</p>	<p>Para empezar las pruebas el programa purga los analizadores de gases con el fin de evitar mediciones erróneas de las emisiones.</p>	 <p>The screenshot shows a software window titled 'Esperar, ajuste Punto Cero' with a sub-header 'Gasolina'. Below this, there is a menu 'Medición de gases dinámica' and a 'Seleccionar programa' dialog box. The dialog box has a green progress bar and the text 'Esperar, ajuste Punto Cero' above it. Below the progress bar is a scale from 0 to 15 seconds. At the bottom of the dialog, there are three buttons: 'F2 Auto (A)', 'F3 Moto (B)', and 'F4 Programa Medición C (Gas/Gasolina)'. The background interface shows a 'Medición de gases dinámica' window with a 'Medición de gases dinámica' title bar and a 'Medición de gases dinámica' button.</p>
<p>9</p>	<p>Una vez hecho los anteriores pasos, se empieza realizando la prueba estática en altas revoluciones por un tiempo estimado de 30 segundos.</p>	 <p>The screenshot shows a software window titled 'Medición escape aumentada a rpm en ralentí' with a sub-header 'Programa de medición A'. Below this, there is a 'mantener nº. de rpm' dialog box. The main interface features a large circular gauge with a needle pointing to 2560 RPM. Above the gauge is a 'Tiempo [s]' display showing 22. Below the gauge is a 'Temp. Aceite °C' display showing 22. At the bottom, there are buttons for 'RPM', 'Proceder cancelar', and 'Volver'. The background interface shows a 'Medición escape aumentada a rpm en ralentí' window with a 'Medición escape aumentada a rpm en ralentí' title bar and a 'Medición escape aumentada a rpm en ralentí' button.</p>
<p>10</p>	<p>Ya finalizada la prueba en altas revoluciones, se procede a realizar a bajas revoluciones, por un tiempo de 30 segundos.</p>	 <p>The screenshot shows a software window titled 'Medición con RPM Ralentí' with a sub-header 'Programa de medición A'. Below this, there is an 'RPM dentro del rango' dialog box. The main interface features a large circular gauge with a needle pointing to 710 RPM. Above the gauge is a 'Tiempo [s]' display showing 21. Below the gauge is a 'Temp. Aceite °C' display showing 21. At the bottom, there are buttons for 'RPM', 'Proceder cancelar', and 'Volver'. The background interface shows a 'Medición con RPM Ralentí' window with a 'Medición con RPM Ralentí' title bar and a 'Medición con RPM Ralentí' button.</p>

Realizado por: Naula L. & Romero L, 2023.

3.6.2.4. Recopilación de datos.

Después de la descripción del proceso de evaluación de gases se explicará en la tabla 3-7 la recopilación de datos sobre los dos analizadores MET 6.1 y MGT 5.

Tabla 3-8: Proceso para la recopilación de datos obtenidos durante las pruebas estáticas.

Procedimiento para la recopilación de datos MET 6.1 y MGT 5																																																														
	Descripción	Imagen																																																												
1	Al finalizar las pruebas a altas RPM y bajas RPM, se obtuvo una imagen completa sobre los resultados, por lo que se procedió a guardar la imagen por placa del vehículo para que no exista ninguna confusión.	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Ralenti</th> <th></th> <th>Ralenti elevado</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CO</td> <td>0,46</td> <td>% Vol.</td> <td>0,47</td> <td>% Vol.</td> </tr> <tr> <td>CO₂</td> <td>14,67</td> <td>% Vol.</td> <td>14,50</td> <td>% Vol.</td> </tr> <tr> <td>CO_{corregido}</td> <td>0,456</td> <td>% Vol.</td> <td>0,471</td> <td>% Vol.</td> </tr> <tr> <td>HC</td> <td>99</td> <td>ppm</td> <td>64</td> <td>ppm</td> </tr> <tr> <td>O₂</td> <td>0,56</td> <td>% Vol.</td> <td>0,61</td> <td>% Vol.</td> </tr> <tr> <td>NO_x</td> <td>---</td> <td>ppm</td> <td>---</td> <td>ppm</td> </tr> <tr> <td>Lambda</td> <td>1,015</td> <td></td> <td>1,012</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Temperatura</td> <td></td> <td>°C</td> <td></td> <td>°C</td> </tr> <tr> <td>RPM</td> <td>810</td> <td>min⁻¹</td> <td>2420</td> <td>min⁻¹</td> </tr> <tr> <td>AFR</td> <td></td> <td>%</td> <td></td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Temp. aceite</td> <td>---</td> <td>°C</td> <td>---</td> <td>°C</td> </tr> </tbody> </table>		Ralenti		Ralenti elevado		CO	0,46	% Vol.	0,47	% Vol.	CO ₂	14,67	% Vol.	14,50	% Vol.	CO _{corregido}	0,456	% Vol.	0,471	% Vol.	HC	99	ppm	64	ppm	O ₂	0,56	% Vol.	0,61	% Vol.	NO _x	---	ppm	---	ppm	Lambda	1,015		1,012		Temperatura		°C		°C	RPM	810	min ⁻¹	2420	min ⁻¹	AFR		%		%	Temp. aceite	---	°C	---	°C
	Ralenti		Ralenti elevado																																																											
CO	0,46	% Vol.	0,47	% Vol.																																																										
CO ₂	14,67	% Vol.	14,50	% Vol.																																																										
CO _{corregido}	0,456	% Vol.	0,471	% Vol.																																																										
HC	99	ppm	64	ppm																																																										
O ₂	0,56	% Vol.	0,61	% Vol.																																																										
NO _x	---	ppm	---	ppm																																																										
Lambda	1,015		1,012																																																											
Temperatura		°C		°C																																																										
RPM	810	min ⁻¹	2420	min ⁻¹																																																										
AFR		%		%																																																										
Temp. aceite	---	°C	---	°C																																																										
2	Se creo carpetas con los días que se realizaron las pruebas con el equipo de medición, en las cuales se fue guardando las imágenes de los resultados.																																																													
3	Todos los datos obtenidos en imágenes, se llevó a una hoja de cálculo Excel, en el cual cada uno de los gases se fue separando para luego facilitar el cálculo correspondiente.																																																													

	A	B	C	D	E
1		MET 6,1		MGT 5	
2		CO		CO	
3	PLACA	RALENTI	2500 RPM	RALENTI	2500 RPM
4	PCX 7548	0,46	0,42	0,42	0,46
5	PDH 5759	0,87	1,56	0,66	1,43
6	TBD 8243	0,46	0,53	0,49	0,57
7	PBU 5057	0,73	0,59	0,6	0,61
8	PBZ 4571	0,23	0,53	0,11	0,55
9	PCG 2068	0,43	0,44	0,4	0,56
10	PDK 5078	0	0	0	0
11	TBD 8714	0	0,01	0	0
12	TBF 9339	0,02	0	0	0
13	TBG 7508	0,08	0,11	0,07	0,05
14	IBC 3565	0,24	0,01	0,02	0,56
15	PBN 5975	0,56	0,69	0,46	0,67
16	PBX 8692	2,44	0,67	1,48	0,7
17	PCE 5698	0,57	0,69	0,59	0,72
18	PCG 3540	0,18	0,03	0,16	0,04
19	PCU 4240	0,28	0,28	0,19	0,35
20	PDN 5701	0,06	0,24	0,03	0,21
21	TBB 6984	2,46	0,63	1,69	0,65
22	TBC 1168	0,6	0,5	0,62	0,56

Realizado por: Naula L, &Romero L, 2023.

3.6.3. Aplicación de la estadística inferencial para el análisis de la muestra.

En este apartado se analizará los métodos estadísticos para comprobar la hipótesis de la investigación, A esta altura de investigación ya hemos definido la población y las muestras respectivas, entonces se debe examinar que método estadístico aplicar.

El método para la comparación de dos muestras se basa primero en determinar si las muestras son independientes o dependientes porque esto determinara el mejor método para verificar la hipótesis planteada. En la siguiente ilustración se observa un diagrama en base a varios parámetros los cuales definirán el método a utilizar.

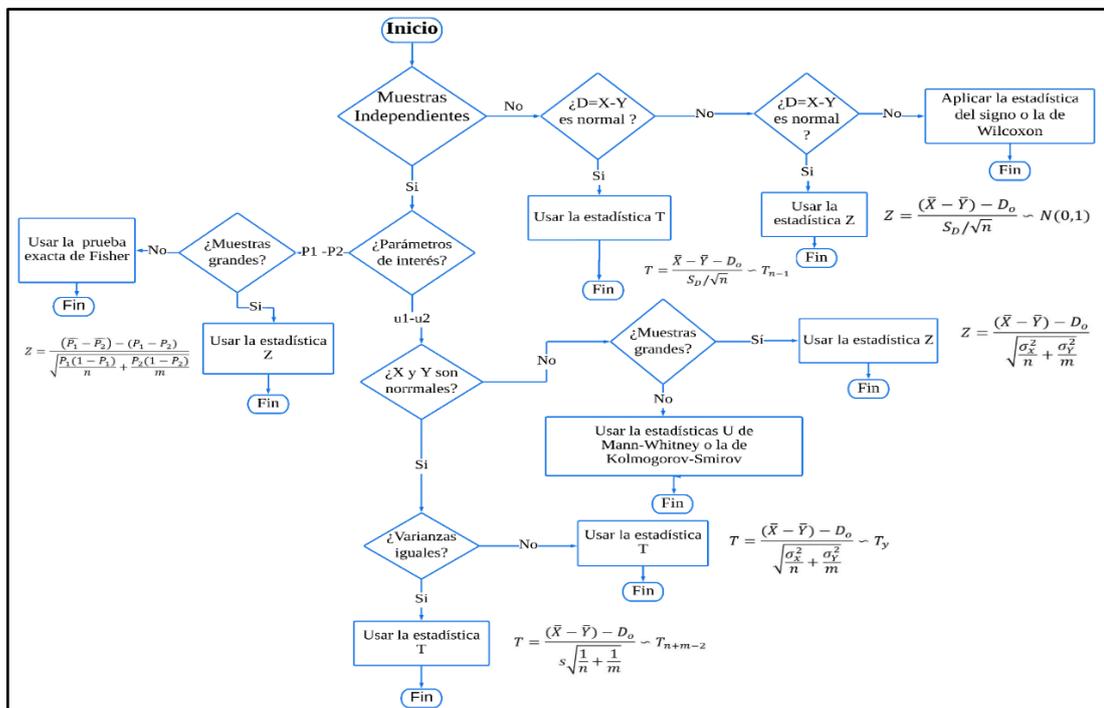


Ilustración 3-12: Diagrama de flujo para encontrar el método diferencial de dos muestras

Fuente:(Martínez, 2015)

Realizado por: Naula L, &Romero L, 2023.

El método óptimo para nuestra investigación es el z estadístico para muestras grandes por lo que se debe explicar las bases de este fundamento estadístico.

3.6.4. Prueba de una hipótesis estadística

Una hipótesis estadística es una afirmación sobre un modelo de probabilidad. El procedimiento para juzgar la veracidad de la hipótesis se llama prueba de hipótesis la cual es un método estadístico que se utiliza para tomar decisiones de supuestos formados acerca de una población a partir de una muestra de ella. El procedimiento consiste en formular dos hipótesis:

- Hipótesis nula (H_0)
- Hipótesis alternativa (H_a)

3.6.4.1. Prueba de hipótesis para igualdad de dos muestras.

La metodología utilizada es muy parecida a la de hipótesis para una muestra, solo que ahora se parte del supuesto que las medias poblacionales son iguales. Las hipótesis se plantean de la misma forma que en las anteriores, unilateral derecha, unilateral izquierda o bilateral según el signo de la hipótesis nula. (Rodríguez, Cardenas y Hernandez, 2020)

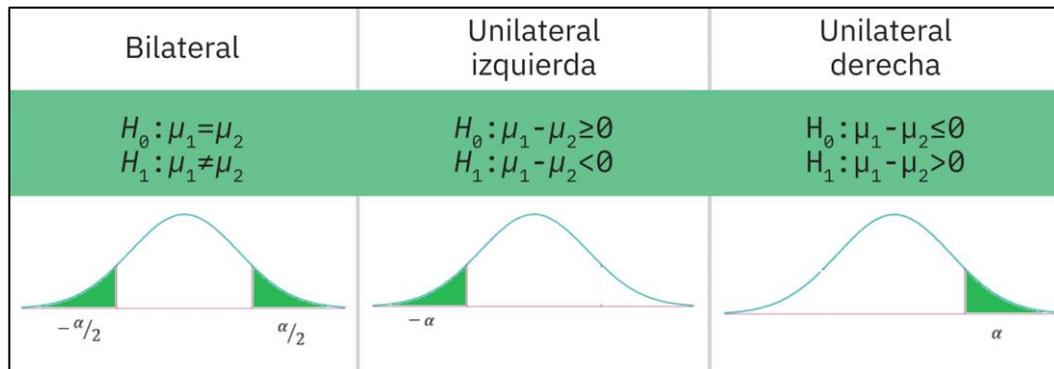


Ilustración 3-13: Pruebas de la campana de Gauss, para la igualdad de dos muestras.

Fuente: (Rodríguez, Cardenas y Hernandez, 2020)

3.6.4.2. Metodología estadística según el tamaño de la muestra.

Primero se debe tener en cuenta que las muestras provienen de una población normalmente distribuidas de manera independiente con medias μ_1, μ_2 y varianzas σ_1^2, σ_2^2 que provienen de poblaciones independientes. Después de establecer estos parámetros debemos tener en cuenta la sumatoria de las muestras.

- Para $n_1 + n_2 \geq 60$

Se tiene entonces el siguiente estadístico con valores de prueba Z

$$Z = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}} \quad (8)$$

\bar{X}_1 = Promedio de la muestra 1

σ_1 = Desviación estándar 1

n_1 = Tamaño de muestra 1

Para facilitar el trabajo del estudiante se presentan nuevamente los valores críticos de Z, sin embargo, solo aparecen los más habituales: 90% usado en cuestiones de carácter político, 95% usado en investigaciones educativas y generales, 99% usado en investigaciones relacionadas con ciencias de la salud.

Tabla 3-9: Niveles de confianza para una prueba Z estadístico de dos colas.

Confianza	Significancia	2 colas	Cola izquierda	Cola derecha
90%	0.10	±1.65	-1.28	1.28
95%	0.05	±1.96	-1.65	1.65
99%	0.01	±2.58	-2.33	2.33

Fuente:(López-Roldán y Fachelli, 2015)

Realizado por: Naula L, &Romero L, 2023.

3.6.4.3. Guía para prueba de hipótesis.

Una vez que se entiende con el tipo de muestra que se va a trabajar se procede a calcular la prueba de hipótesis. El cual se desarrolla mediante los siguientes pasos

1. Plantear las hipótesis nula y alternativa

La parte clave para el desarrollo de la hipótesis es plantear la hipótesis nula y alternativa

Prueba de igualdad de varianzas: Cuando realice una prueba de hipótesis de dos muestras independientes debe realizar primero la prueba de igualdad de varianzas. Recuerde elegir su alfa antes de realizar la prueba de hipótesis

- Ho: Las varianzas son iguales
- Ha: Las varianzas son diferentes

2. Definir nivel de significancia (alfa)

3. Efectuar la prueba de hipótesis

4. Tomar una decisión

Para tomara una decisión debemos basarnos en el t o z estadístico y comparar con el valor critico si se encuentra dentro del intervalo no se rechaza, de forma contraria si no está en la zona de confianza se rechaza.

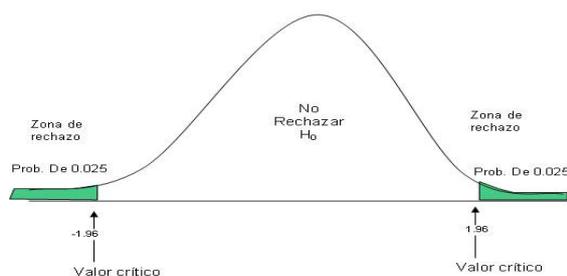


Ilustración 3-14: Campana de Gauss de dos colas con un valor de $\alpha = 0.025$.
Fuente:(Rodríguez, Cardenas y Hernandez, 2020)

5. Conclusión estadística y practica

En base a nuestra hipótesis se verificar si las medias de mediciones de los gases difieren o no

3.6.5. Realizar una tabla comparativa de los analizadores, identificando sus elementos y aspectos técnicos

Para iniciar esta investigación se cuestionó si la composición de los elementos influye en la toma de medidas de los analizadores, por el cual se desarrollará una tabla comparativa sobre el número de sensores, filtros, electroválvulas, etc. Para poder concluir si el analizador homologado esta mejor equipado y que elementos son los que no cuenta el equipo homologado.

A continuación, se presenta las tablas con especificaciones técnicas para posteriormente compararlas.

En el anexo B se puede observar cómo se realizó el desmontaje de cada uno de los analizadores, así se puede observar los componentes con los que están compuestos cada uno de los equipos.

3.6.5.1. Especificaciones técnicas MET 6.1

Tabla 3-10: Especificaciones técnicas sobre el equipo MET 6.1

Propiedades técnicas de medición						
Magnitudes	Rango de medición	Precisión de medición	Principio de medición	Resolución	Tiempo de reacción	Tiempo de gas
HC (hexano)	0...2000 ppm	± 4 ppm abs. o 3% rel.	NDR	1 ppm vol.	3,5 s	2,8 s
HC (Propano)	0...4000 ppm	± 8 ppm abs. o 3% rel.				
	4001...10000 ppm	± 5% rel.				
	10001...30000 ppm	± 10 rel.				
CO	0,00...10,0 0 % vol.	± 0,02 % abs. o ± 3% rel.		0,01 % vol.		

	10,00...15,000 % vol.	± 5% rel.				
CO ₂	0,00...16,00 % vol.	± 0,3 % abs. o ± 3% rel.				
	16,01...20,00 % vol.	± 5% rel.				
O ₂	0,00...25,00 % vol.	± 0,02 % abs. o ± 1% rel.	Electro - Químico	0,01% vol.	5 s	3,3 s
Lambda	0.....9,999		Calculado según Brett- Schneider	0,001		
Temperatura. Motor	0... 150 °C			1 °C		
Numero de revoluciones	400 ... 8 000 min ⁻¹			1 min ⁻¹		

Fuente:(MAHA, 2022)

Realizado por: Naula L. &Romero L, 2023.

3.6.5.2. Especificaciones técnicas MGT 5.

Tabla 3-11: Tabla de especificaciones técnicas sobre el analizador MGT5

Gases Analizados	CO	CO ₂	HC	O ₂	NO _x
Rango de medición	0- 15,0 Vol. %	0- 20,0 Vol.%	0-2000 ppm (Hexano) 0- 4000 ppm Propano	0- 25,0 Vol.%	0-5000 ppm Vol.
Precisión de medida	0,06 vol. %	0,5 vol. %	12 ppm vol.	0,1 vol.%	32-120 ppm vol.
Principio de medida	Infrarrojo	Infrarrojo	Infrarrojo	Electro - Químico	Electro - Químico
Resolución valores de med.	0,001 vol.%	0,01 vol.%	0,1 ppm vol.	0,01 vol. %	1 ppm vol.
Deriva del rango de med.	Inferior a ± 0,6 % de valor final de rango de medición				
Fase de precalentamiento	min. 30 minutos, máx. 10 minutos ·Regulado por temperatura				
Nivel de electricidad para mediciones de gas	3 L / min				
Nivel de electricidad	Automática, continuada · Aprox 1L/min				
Presión de servicio	750 – 1100 mbar				
Variación de la presión	máx. Error 0,2 % para variaciones de 5 KPa				
Alimentación de corriente	85 V -280V ·50Hz ·65 W o Cable de alimentación con conexión a 10 – 42 V				
Cuentarrevoluciones p. inducción	0 – 10000 / min ⁻¹ ·Resolución 1,5,10 o 50 RPM				

Temperatura de servicio	$\pm 5^{\circ}\text{C} - + 45^{\circ}\text{C}$ ·Desviación $\pm 2^{\circ}\text{C}$
Temperatura de almacenaje	$- 10^{\circ}\text{C} - + 60^{\circ}\text{C}$ ·Desviación $\pm 2^{\circ}\text{C}$
Termómetro de aceite	$+0^{\circ}\text{C} - +150^{\circ}\text{C}$ ·Resolución 1
Prueba de hermeticidad	Guiado por menú, 1x al día
Prueba de HC residuales	Automático
Ajuste a cero	Automático
Calibración	Semestralmente

Fuente:(MAHA, 2015)

Realizado por: Naula L, &Romero L, 2023.

CAPÍTULO IV

4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En el siguiente capítulo, se analizará los datos obtenidos en el centro de revisión técnica de Tungurahua con los equipos MET 6.1 y MGT 5 descritos anteriormente, además se negará o afirmará nuestra hipótesis de investigación. De igual forma se analizará la composición de los equipos por medio de una tabla comparativa.

4.1. Población de estudio

Se define la población en base a los datos compartidos por el centro de revisión vehicular el cual se observa en el ANEXO B. La población se encontró del promedio de 4 meses como se puede apreciar en la tabla 1-4.

Tabla 4-1: Datos obtenidos de los meses de septiembre a diciembre, para la población.

Población					
MES	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio
AUTOMOVIL	647.000	677.000	621.000	419.000	591.000
CAMIONETAS	75.240	73.480	60.720	38.280	61.930
				Total	652.930

Realizado por: Naula L, &Romero L, 2023.

4.2. Cálculo del tamaño de la muestra

Las variables para encontrar la muestra están descritas en el capítulo de la metodología en la sección 3.5.4. Una vez definida la población encontramos la muestra de la investigación.

$$n = \frac{z^2 * P * Q * N}{(N - 1) * e^2 + z^2 * P * Q} \quad (7)$$
$$n = \frac{(1.96)^2 * 0.5 * 0.5 * 652.930}{(652.930 - 1) * (0.05)^2 + (1.96)^2 * 0.5 * 0.5} \approx 242 \text{ vehiculos}$$

En las siguientes ilustraciones se detalla la muestra que se utiliza en el estudio, además del comportamiento de cada uno de los valores obtenidos con los analizadores, tanto homologado como el no homologado, es así como se encuentra ilustraciones distintas, por el simple hecho de que se está realizando pruebas tanto en ralentí y en 2500 rpm.

Datos medidos del CO con una muestra de 242

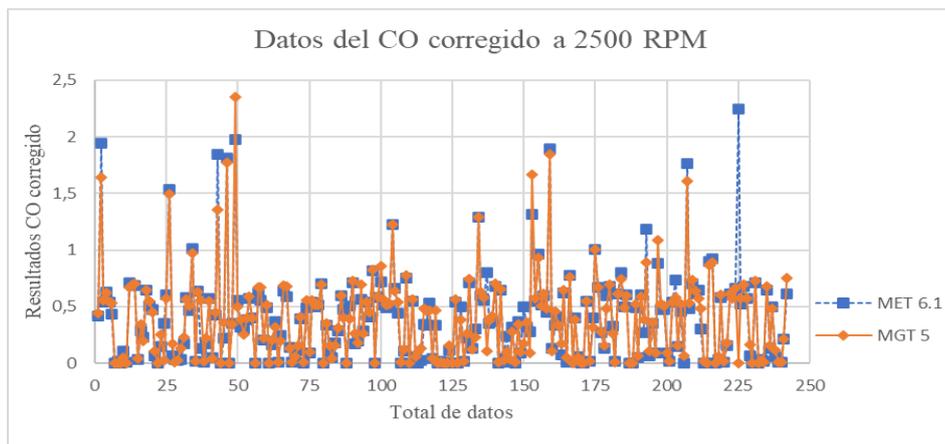
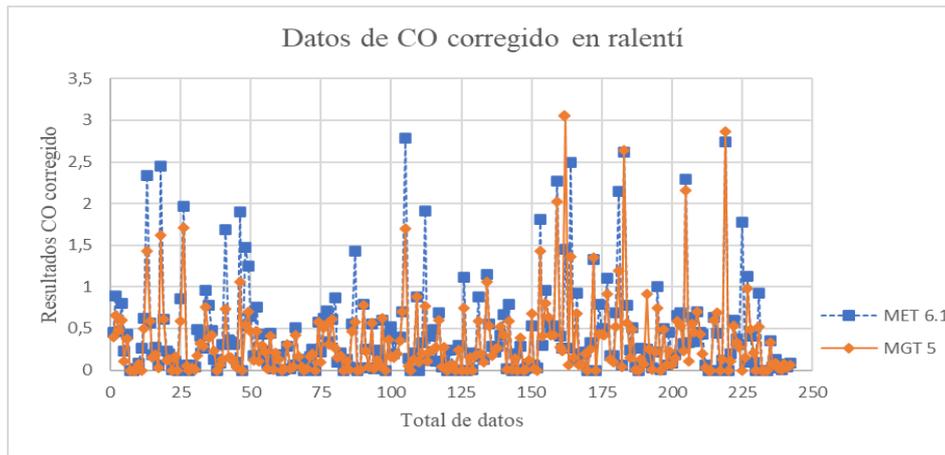
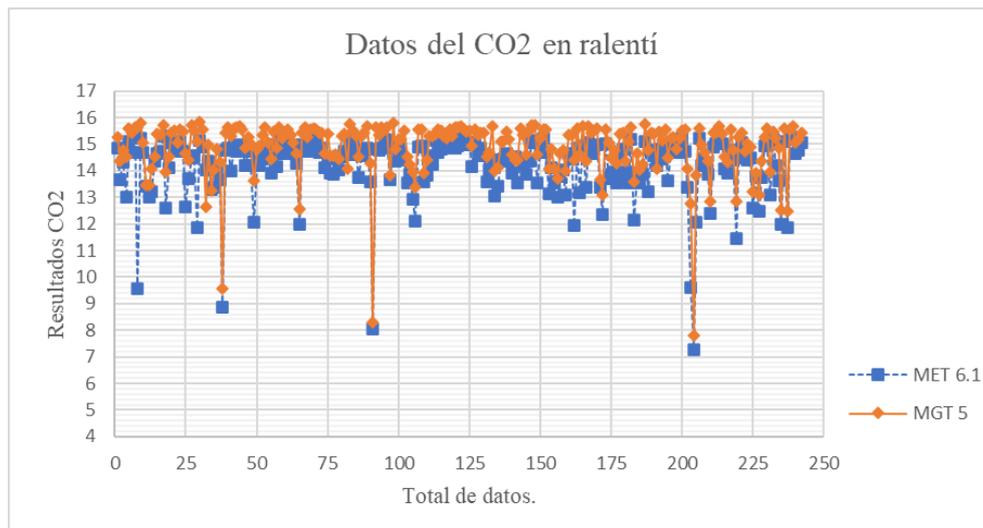


Ilustración 4-1: Datos obtenidos del CO Corregido

Realizado por: Naula L, & Romero L, 2023.

Datos medidos del CO2 con una muestra de 242



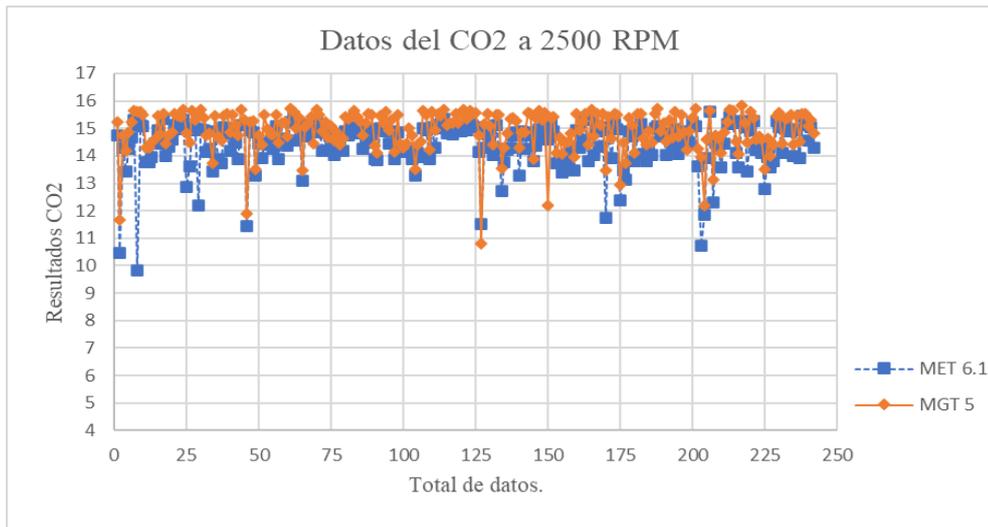


Ilustración 4-2: Datos obtenidos del CO2.

Realizado por: Naula L, &Romero L, 2023.

Datos medidos del HC con una muestra de 242

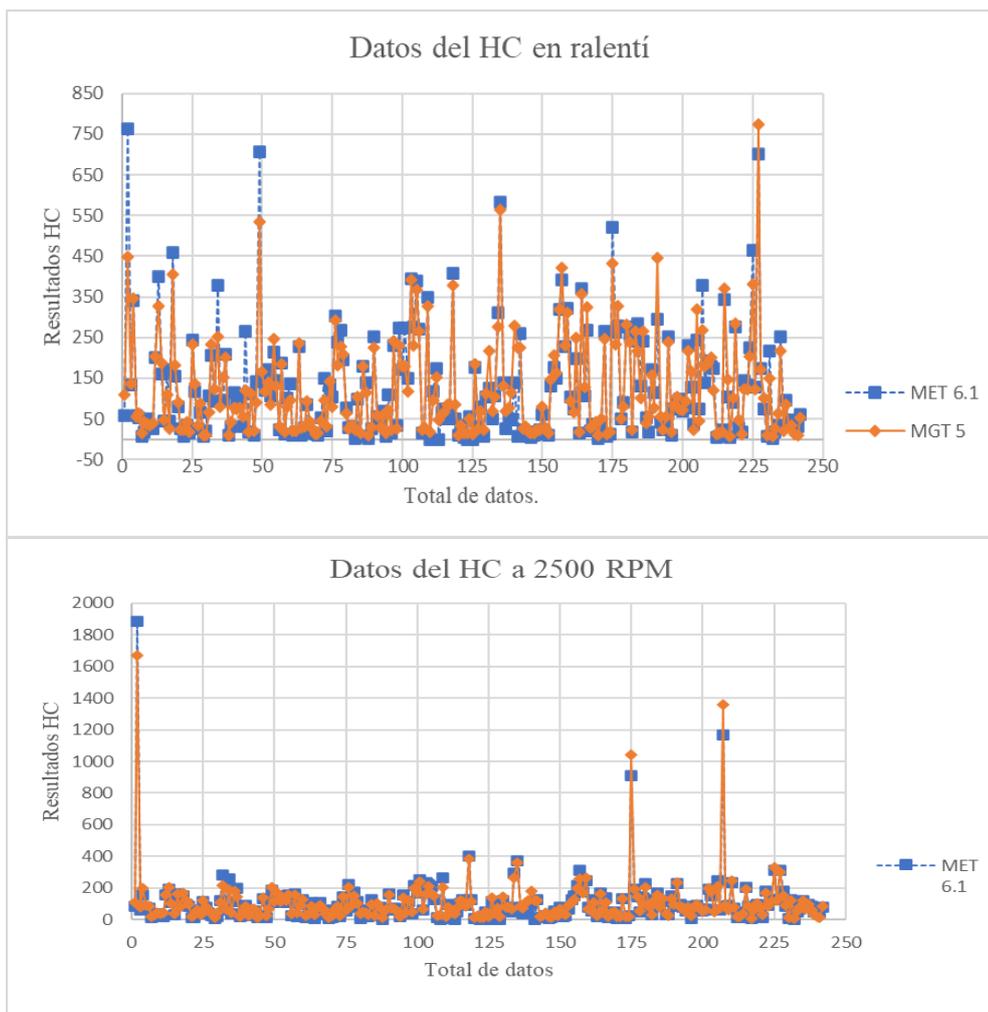


Ilustración 4-3: Datos obtenidos del HC

Realizado por: Naula L, &Romero L, 2023.

Datos medidos del O2 con una muestra de 242

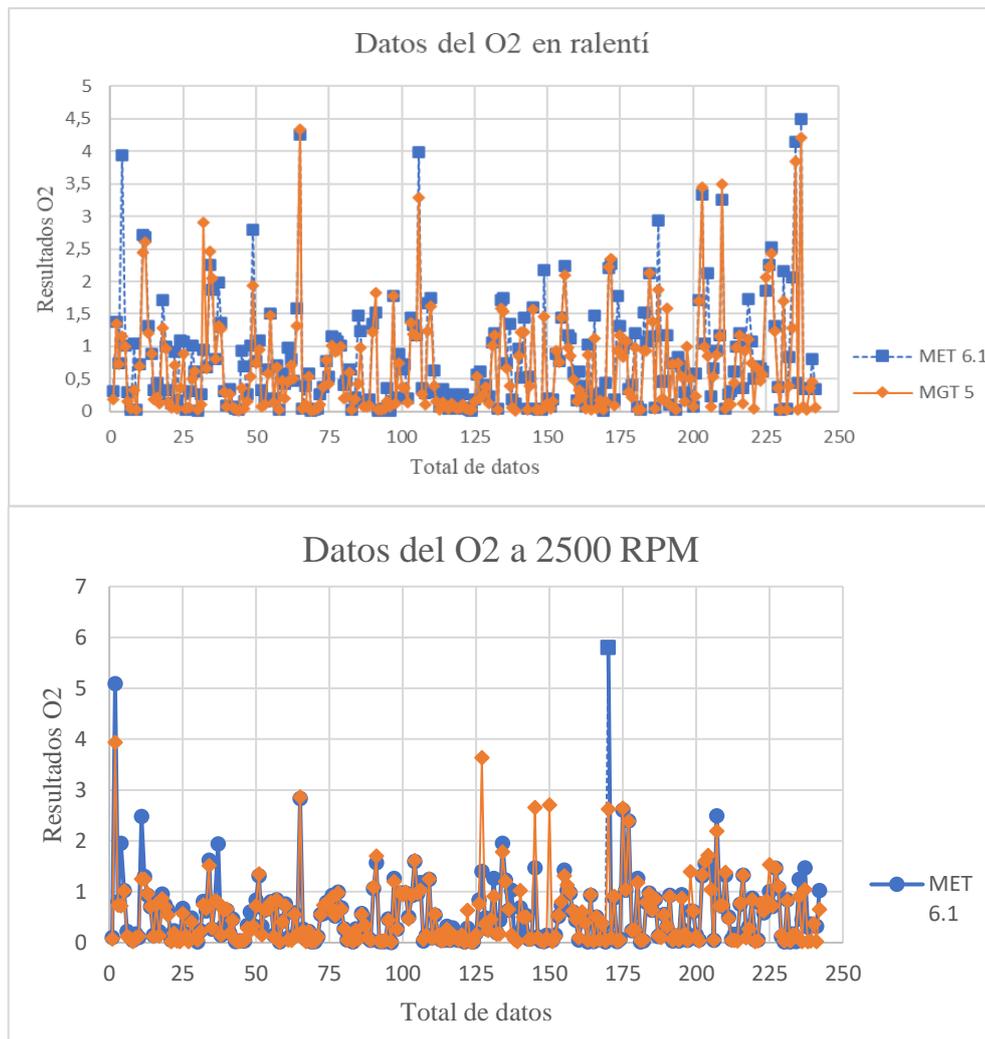


Ilustración 4-4: Datos obtenidos del O2

Realizado por: Naula L, &Romero L, 2023.

4.3. Parámetros para la validación estadística

A continuación, se presenta los aspectos estadísticos en la cual está basado los resultados de la investigación.

Tabla 4-2: Parámetros para la validación estadística para la investigación.

Tipo de muestras	Independientes
Estadístico de prueba	Z para dos muestras (2 colas)
H_o	Los instrumentos de diagnóstico de gases no homologados MGT 5 y el homologado MET 6.1 no difieren estadísticamente en la medición
H_a	Los instrumentos de diagnóstico de gases no homologados MGT 5 y el homologado MET 6.1 difieren estadísticamente en la medición
Nivel de de significancia	95%

Realizado por: Naula L, &Romero L, 2023.

4.3.1. Resultados del análisis estadístico

Una vez establecido los parámetros podemos efectuar la prueba de hipótesis de la cual se obtendrán dos resultados por cada gas medido, esto debido a las condiciones del motor por esta razón se podrá observar resultados en:

- Ralentí
- 2500 RPM (Altas revoluciones)

4.3.1.1. Resultados del CO2

- Para el estado de Ralentí

En la siguiente tabla 3-4, se presentará los valores más importantes para la prueba de hipótesis en este tipo condiciones de medición. De los cuales el valor P y Z serán nuestros parámetros de evaluación.

Tabla 4-3: Parámetros estadísticos del CO2 en ralentí.

Parámetros	MET 6.1	MGT 5
Media	14.034	14.865
Varianza (conocida)	2.598	1.046
Z	-6.771	
P dos colas	3.19839x10 ⁻¹²	

Realizado por: Naula L, &Romero L, 2023.

$$P < \frac{\alpha}{2} \Rightarrow 3.19839E - 12 > 0.025$$

Con los resultados del CO2 en estas condiciones de estudio, se obtuvo un valor P de 3.19839E-12 el cual es menor a 0.025 por lo tanto si se rechaza la hipótesis nula, esto significa que el porcentaje de gas captados con el equipo MGT5, si difieren con las mediciones captadas del MET 6.1. A continuación se representara de manera gráfica el valor Z:

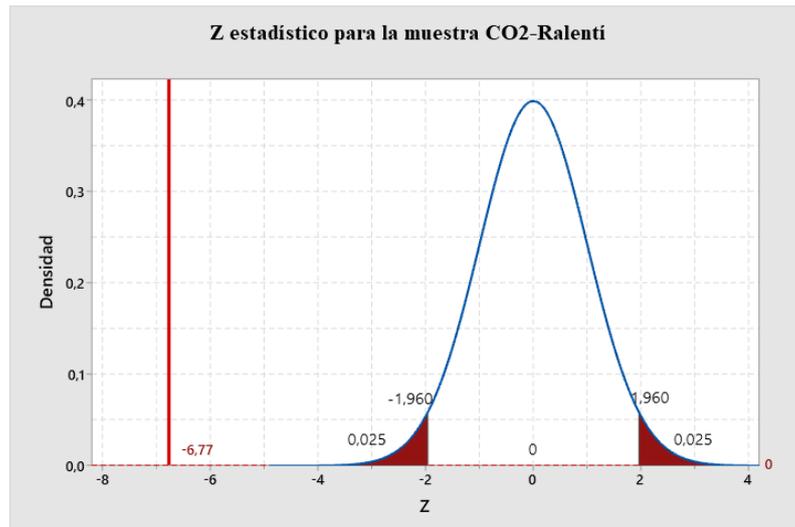


Ilustración 4-5: Valor del Z estadístico en una muestra de CO2 en ralentí.
Realizado por: Naula L, &Romero L, 2023.

En la ilustración 9-4, se puede observar como el valor Z estadístico para una muestra de CO2 en ralentí, se encuentra fuera del rango del no rechazo, por lo tanto, se da a entender que el valor del CO2 obtenido con los equipos MGT 5 y MET 6.1 si difieren.

➤ En las condiciones de 2500 RPM

En la siguiente tabla 4-4, se presentará los valores más importantes de la prueba de hipótesis para estas condiciones de medición. De los cuales el valor p y z serán nuestros parámetros de evaluación.

Tabla 4-4: Parámetros estadísticos del CO2 a 2500 RPM.

Parámetros	MET 6.1	MGT 5
Media	14.249	14.920
Varianza (conocida)	1.975	0.551
z	-6.570	
P dos colas	0.0000000000125	

Realizado por: Naula L, &Romero L, 2023.

$$P < \frac{\alpha}{2} \Rightarrow 0.0000000000125 < 0.025$$

El resultado para el CO2 en estas condiciones de estudio, se obtuvo un valor P de 0.0000000000125 el cual es menor al valor de confianza 0.025 por lo tanto se rechaza la hipótesis nula, esto significa que el porcentaje de gases captados con el equipo MGT5, difieren con las mediciones captadas con el equipo MET 6.1. A continuación se representara de manera gráfica el valor z:

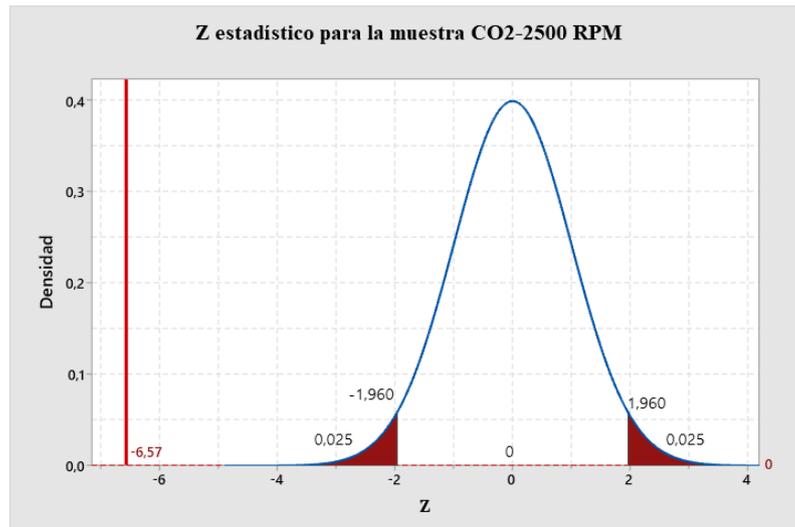


Ilustración 4-6: Valor del Z estadístico en una muestra de CO₂ a 2500 RPM.
Realizado por: Naula L, Romero L, 2023.

Como se puede apreciar en la ilustración 10-4, el valor z está fuera del rango del no rechazo, entonces podemos verificar la hipótesis de investigación que en ciertos gases sí difieren las mediciones.

4.3.1.2. Resultados del CO corregido

➤ En el estado de ralentí

En la siguiente tabla 5-4, se presentarán los valores más importantes que intervienen en la prueba de hipótesis para el estudio de CO corregido en este tipo de condiciones. De los cuales el valor P y Z serán nuestros parámetros de evaluación.

Tabla 4-5: Parámetros estadísticos del CO corregido en ralentí.

Parámetros	MET 6.1	MGT 5
Media	0.448	0.340
Varianza (conocida)	0.379	0.217
Z	2.173	
P dos colas	0.007	

Realizado por: Naula L, & Romero L, 2023.

$$P < \frac{\alpha}{2} \Rightarrow 0.007 > 0.025$$

Con los resultados del CO corregido en estas condiciones de estudio, se obtuvo un valor P de 0.007 el cual es menor a 0.025 por lo tanto se rechaza la hipótesis nula, esto significa que el porcentaje de gases captados con el equipo MGT5, sí difieren con las mediciones captadas del MET 6.1. A continuación se representará de manera gráfica el valor Z:

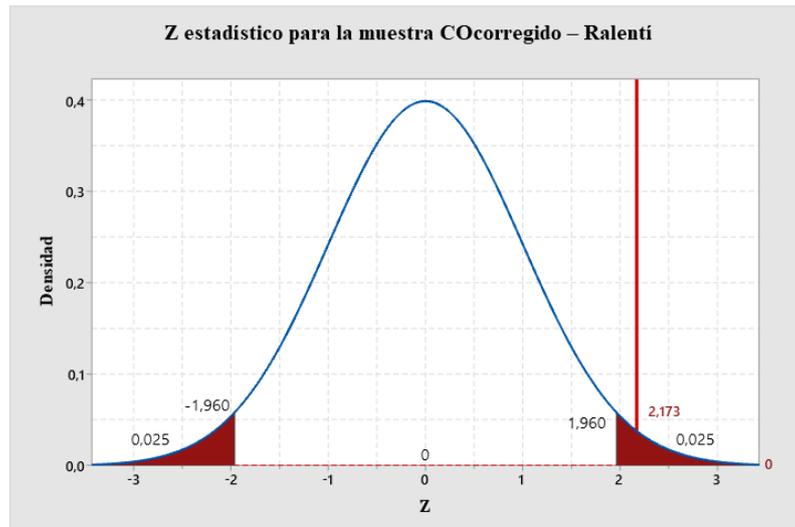


Ilustración 4-7: Valor del Z una muestra de CO corregido en ralentí.
Realizado por: Naula L, &Romero L, 2023.

La ilustración 11-4, representa como se encuentra el valor de Z para un estudio de CO corregido, el cual dicho valor no se encuentra dentro del rango del no rechazo, por lo que en este tipo de gas si difieren sus valores obtenidos con los analizadores.

➤ En las condiciones de 2500 RPM

De manera similar a los otros resultados se presentará en la siguiente tabla 6-4, los valores más importantes de la prueba de hipótesis para estas condiciones de medición. De los cuales el valor P y Z serán nuestros parámetros de evaluación.

Tabla 4-6: Parámetros estadísticos del CO corregido a 2500 RPM.

Parámetros	MET 6.1	MGT 5
Media	55.918	57.879
Varianza (conocida)	13747.904	16212.569
Z	0.099	
P dos colas	0.230	

Realizado por: Naula L, &Romero L, 2023.

$$P < \frac{\alpha}{2} \Rightarrow 0.230 > 0.025$$

Para el gas CO en estado de altas revoluciones, se tiene un valor P de 0.125 el cual es mayor a 0.025 por lo tanto no se rechaza la hipótesis nula, esto significa que el porcentaje de gases captados con el equipo MGT5, no difieren con las mediciones captadas del MET 6.1.

En la ilustración 12-4, se puede observar como el valor z se encuentra dentro del intervalo del no rechazo lo que se puede concluir que se cumple la hipótesis nula de nuestra investigación

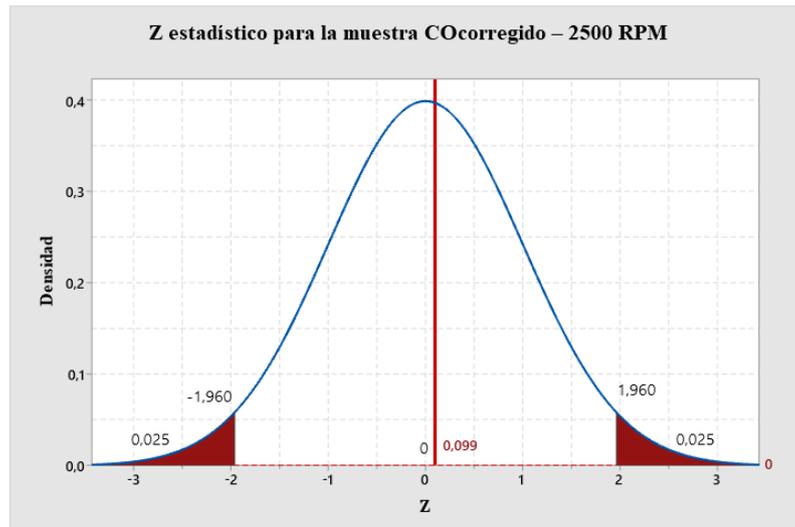


Ilustración 4-8: Valor del Z estadístico en una muestra de CO corregido a 2500 RPM.

Realizado por: Naula L, &Romero L, 2023.

4.3.1.3. Resultados del HC

➤ En el estado de ralentí

En la tabla 7-4, que a continuación se presenta, se trata de los parámetros más importantes que intervienen para una prueba de hipótesis, sobre los HC en este tipo de condiciones. En el cual los valores de P y Z serán los parámetros de evaluación.

Tabla 4-7: Parámetros estadísticos de los HC en ralentí.

Parámetros	MET 6.1	MGT 5
Media	125.442	123.768
Varianza (conocida)	17780.820	14615.796
Z	0.144	
P dos colas	0.221	

Realizado por: Naula L, &Romero L, 2023.

$$P < \frac{\alpha}{2} \Rightarrow 0.221 > 0.025$$

Con el resultado obtenido, se tiene un valor P de 0.221 el cual es mayor a 0.025 por lo tanto No se rechaza la hipótesis nula, esto significa que el porcentaje de gases captados con el equipo MGT5, no difieren con las mediciones captadas del MET 6.1. A continuación se representara de manera gráfica:

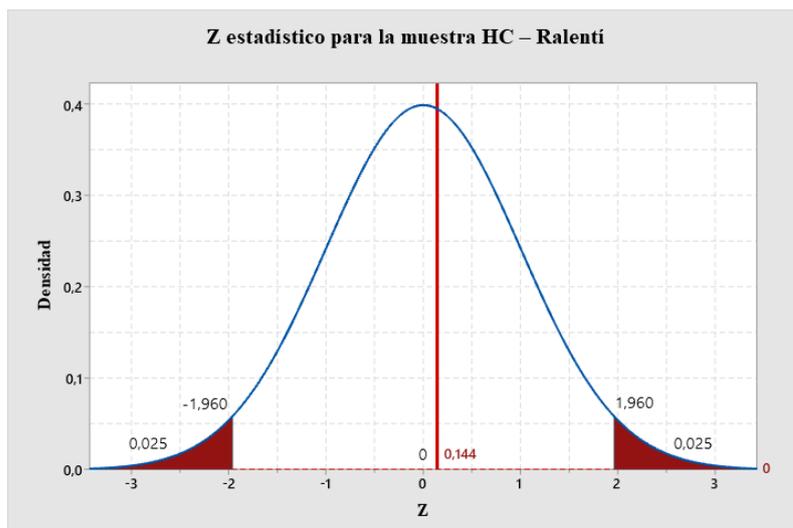


Ilustración 4-9: Valor del Z estadístico en una muestra de HC en ralentí.
Realizado por: Naula L, &Romero L, 2023.

En la siguiente ilustración 13-4, se puede observar como el valor de Z, se encuentran dentro del rango de no rechazo, por lo que en este tipo de gases obtenidos con los analizadores no difieren.

➤ En las condiciones de 2500 RPM

A continuación, en la tabla 8-4, se observa varios parámetros los cuales fueron indispensables para la prueba de hipótesis, de los cuales como resultado y evaluadores son los valores P y Z.

Tabla 4-8: Parámetros estadísticos del HC a 2500 RPM.

Parámetros	MET 6.1	MGT 5
Media	105.148	106.590
Varianza (conocida)	26327.919	25019.562
z	-0.099	
P	0.230	

Realizado por: Naula L, &Romero L, 2023.

$$P < \frac{\alpha}{2} \Rightarrow 0.230 > 0.025$$

Para el estado de altas revoluciones de los HC se tiene como resultado un valor P de 0.230 el cual es mayor a 0.025 por lo tanto no se rechaza la hipótesis nula, esto significa que el porcentaje de gases captados con el equipo MGT5, no difieren con las mediciones captadas del MET 6.1

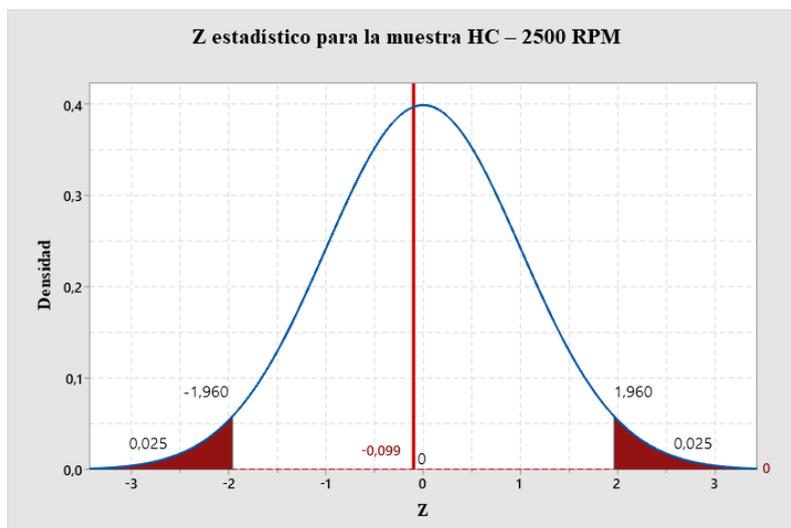


Ilustración 4-10: Valor del Z estadístico en una muestra de HC a 2500 RPM.
Realizado por: Naula L, &Romero L, 2023.

En la ilustración 14-4, se puede observar como el valor z se encuentra dentro del intervalo del inérvalo del no rechazo lo que se puede concluir que se cumple la hipótesis nula de nuestra investigación

4.3.1.4. Resultados del O2

➤ En el estado de ralentí

En la siguiente tabla 9-4, se presenta los parámetros más importantes que intervienen durante una prueba de hipótesis de la investigación en este tipo de condiciones de estudio. Teniendo en cuenta que los parámetros de evaluación son los valores P y Z respectivamente.

Tabla 4-9: Parámetros estadísticos del O2 en ralentí.

Parámetros	MET 6.1	MGT 5
Media	1.146	0.788
Varianza (conocida)	4.229	1.646
Z	2.299	
P dos colas	0.005	

Realizado por: Naula L, &Romero L, 2023.

$$P < \frac{\alpha}{2} \Rightarrow 0.005 < 0.025$$

Con el resultado obtenido, se tiene un valor P de 0.005 el cual es menor a 0.025 por lo tanto se rechaza la hipótesis nula, esto significa que el porcentaje de gases captados con el equipo MGT5, difieren con las mediciones captadas del MET 6.1. A continuación se representara de manera gráfica:

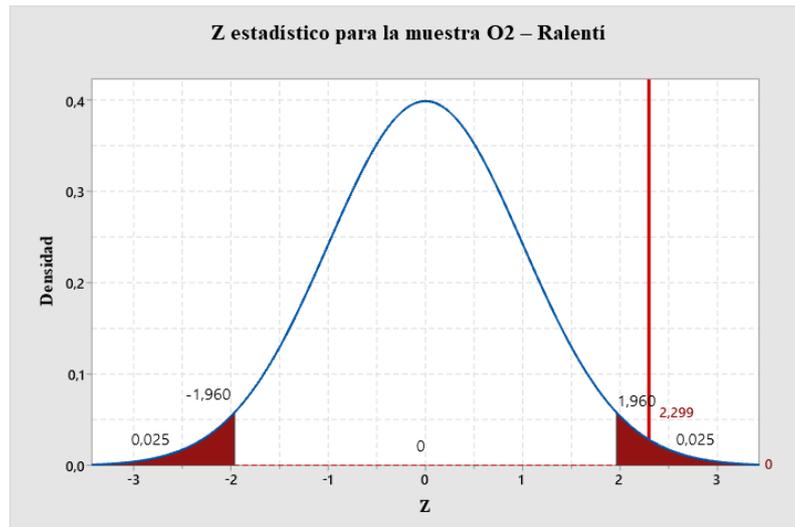


Ilustración 4-11: Valor del Z estadístico en una muestra de O2 en ralenti.
Realizado por: Naula L, &Romero L, 2023.

A continuación, la ilustración 15-4, representa como se encuentra graficado el valor Z y como se puede observar esta fuera del rango del no rechazo, por lo tanto, los resultados obtenidos sobre el O2 en estas condiciones si difieren.

➤ En las condiciones de 2500 RPM

En la siguiente tabla se presentará los valores más importantes de la prueba de hipótesis para estas condiciones de medición. De los cuales el valor p y z serán nuestros parámetros de evaluación.

Tabla 4-10: Parámetros estadísticos del O2 a 2500 RPM.

Parámetros	MET 6.1	MGT 5
Media	0.814	0.570
Varianza (conocida)	3.120	0.586
z	1.965	
P dos colas	0.012	

Realizado por: Naula L, &Romero L, 2023.

$$P < \frac{\alpha}{2} \Rightarrow 0.012 < 0.025$$

Por medio del estadístico z, se tiene un valor P de 0.012 el cual es menor a 0.025 por lo tanto si se rechaza la hipótesis nula, esto significa que el porcentaje de gases captados con el equipo MGT5, no difieren con las mediciones captadas del MET 6.1.

A continuación, se representará de manera gráfica el valor Z, respaldando el resultado ya mencionado de que se encuentra en la zona de rechazo.

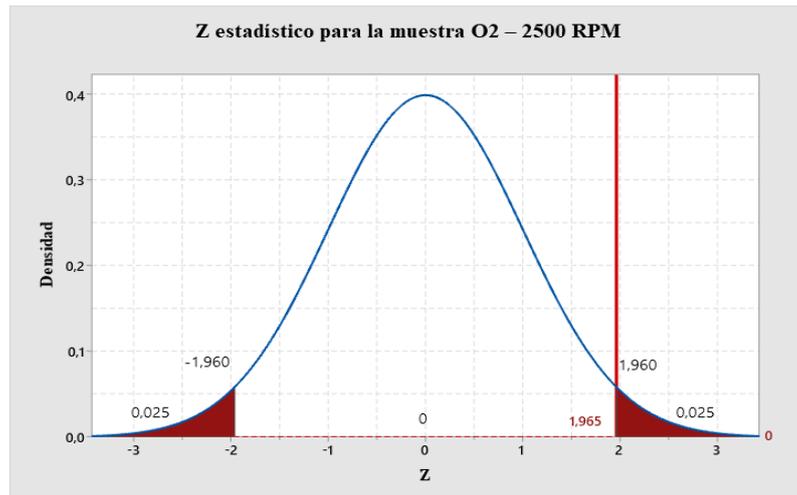


Ilustración 4-12: Valor del Z estadístico en una muestra de O2 a 2500 RPM.
Realizado por: Naula L, &Romero L, 2023.

4.3.1.5. Resultados generales

➤ Ralentí

Una vez analizado cada uno de los gases en estado ralentí, se ha recopilado los cuatro gases para exponer en un solo gráfico todos los resultados obtenidos y analizarlo de manera general. En la ilustración 17-4, se representa de manera general los valores de cada gas, en la que se observa que dos de los cuatro gases se encuentran dentro del rango especificado que es 0,025, lo que nos dice que no difieren y los otros dos valores si difieren de nuestra hipótesis de investigación.

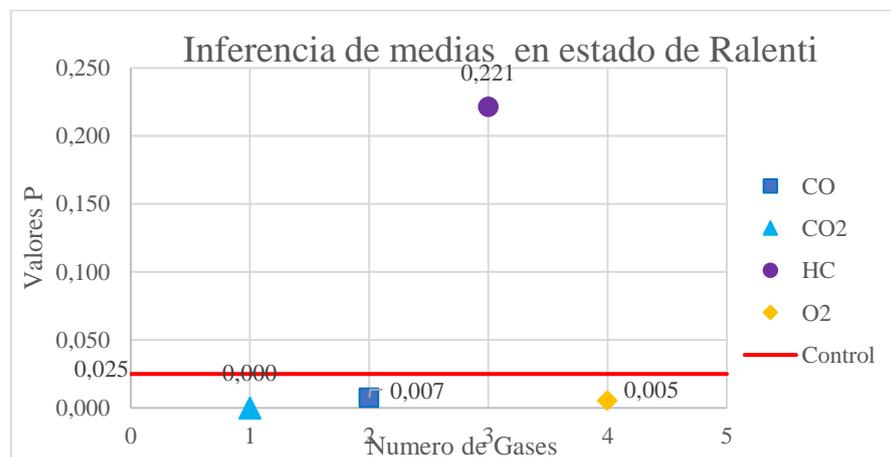


Ilustración 4-13: Valores que se encuentran dentro del rango permitido en ralentí.
Realizado por: Naula L, &Romero L, 2023.

En la misma ilustración se puede observar que el 50 % de gases que difieren estos son el CO y el O2 y el otro 50 % de muestras no difiere que vendrían a ser el CO2 y los HC.

➤ 2500 RPM

Luego de ver la prueba de hipótesis de cada uno de los gases se ha recopilado para exponer en un solo gráfico todos los resultados que se obtuvieron en el estado de 2500 RPM. En la ilustración 18-4, se puede apreciar los gases que, si difieren en las mediciones, estos son aquellos que se encuentran bajo el valor de control 0.025 los cuales son el CO₂ y el O₂.

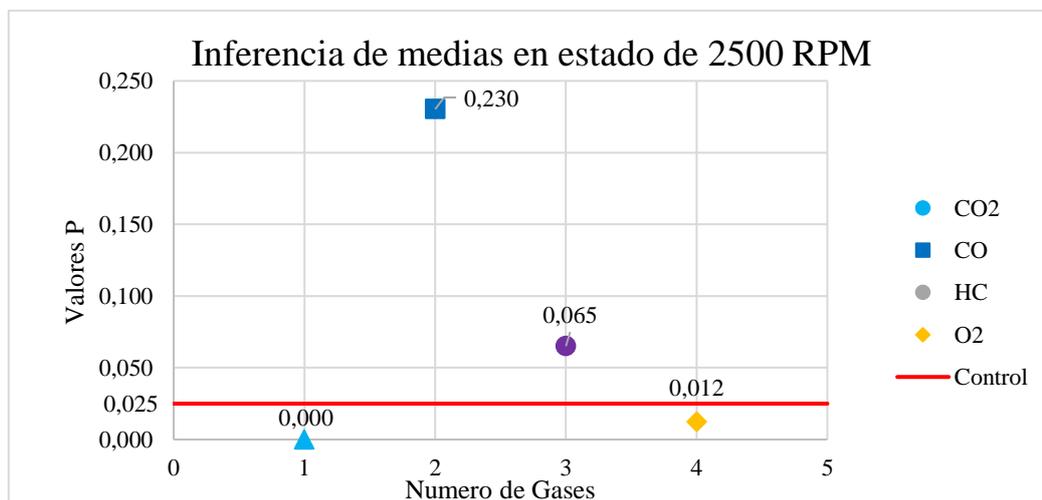


Ilustración 4-14: Valores que se encuentran dentro del rango permitido en 2500 RPM.
Realizado por: Naula L, & Romero L, 2023.

De los cuatro gases de estudio dos si difieren esto significa que la mitad de las muestras si tienen medidas similares. En la ilustración 18-4 se puede observar cuales gases si difieren y el porcentaje de estos, recordando que este porcentaje es solo del estado de 2500 RPM.

Con estos resultados podemos confirmar la hipótesis de estudio, que las medidas obtenidas con el equipo no homologado si difieren del homologado, pero esto no significa que el equipo MGT 5 este midiendo mal el porcentaje de concentración de gases.

En el capítulo del marco teórico en el apartado de antecedentes de investigación se pudo constatar que el equipo MGT5 según (Rocha-Hoyos et al., 2018) para su trabajo de investigación luego de analizar varios equipos de medición, el equipo óptimo para el estudio es el MGT5. De la misma manera según (Rocha-Hoyos et al., 2018) en su investigación considera este equipo óptimo para el análisis de gases en pruebas estáticas y dinámicas. Como estos ejemplos existen más que usan este equipo para investigaciones y como equipo dentro de las pruebas de gases que realiza un centro de revisión técnica vehicular.

En la gráfica 18-4, se puede observar que en el estado de ralentí se pueden apreciar que los gases CO₂, CO y O₂ difieren, pero como se mencionó antes esto no significa que no sirvan para realizar la prueba de gases para demostrar lo que se acaba de argumentar se realizó gráficas de estas mediciones y poder analizar si sus datos son atípicos o no al control que establece la norma

INEN 2349.A continuación las gráficas de dispersión de los datos para comprobar que cumple los límites establecido.

Grafica de dispersión del CO2 en estado de ralenti

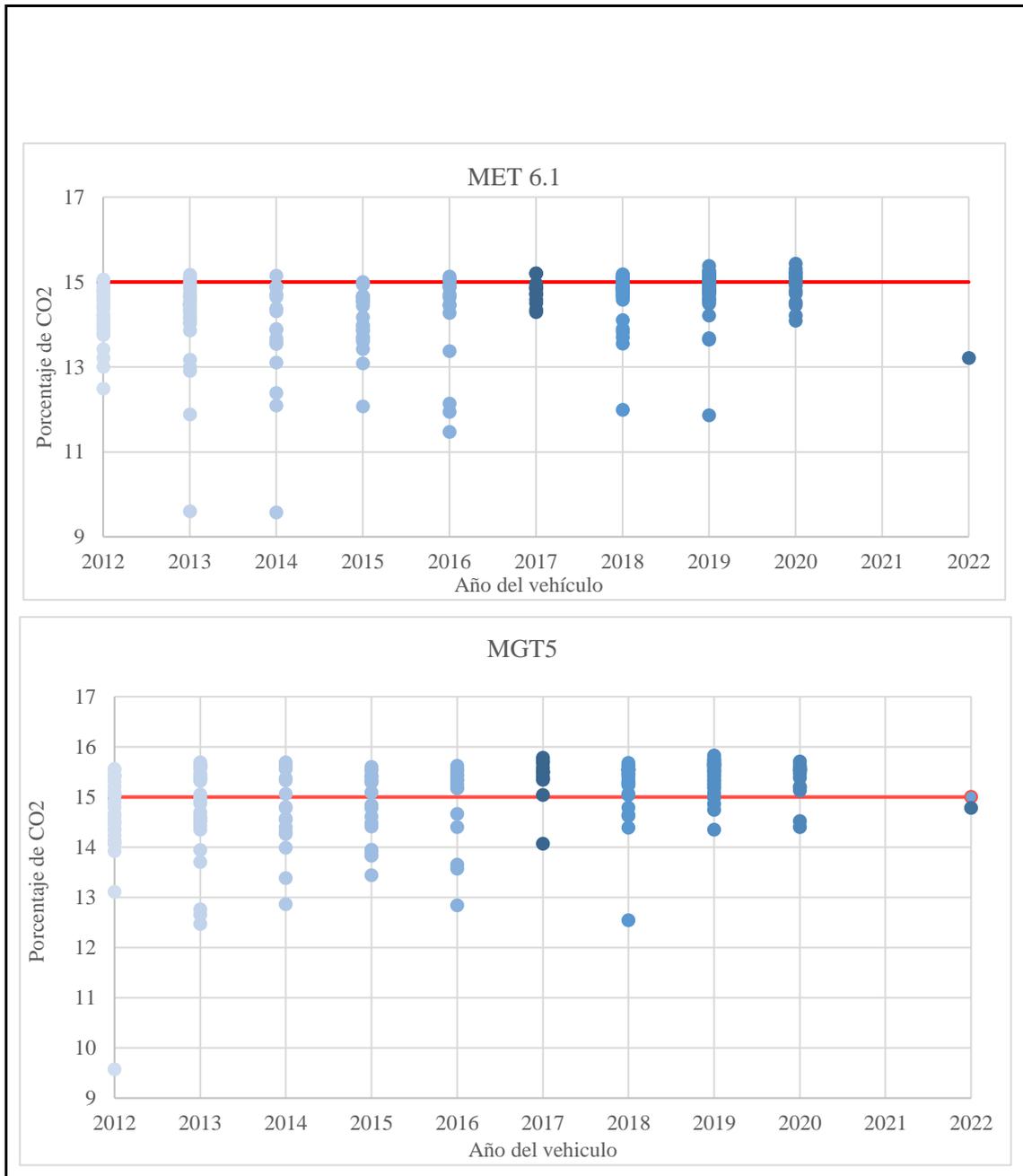


Ilustración 4-15: Grafica de dispersión del CO2 en estado ralenti de los dos analizadores.
Realizado por: Naula L. &Romero L, 2023.

Se puede observar que los valores de medición con el equipo no homologado son más altos, pero no son atípicos al parámetro de control comprobando que los valores si difieren pero que están dentro de los rangos que establece la normativa INEN 2303.En base a la tabla 1-2 se puede comprobar que este cumple con los umbrales de cualquier centro de revisión técnica vehicular

Grafica de dispersión del CO en estado de ralentí – MET 6.1

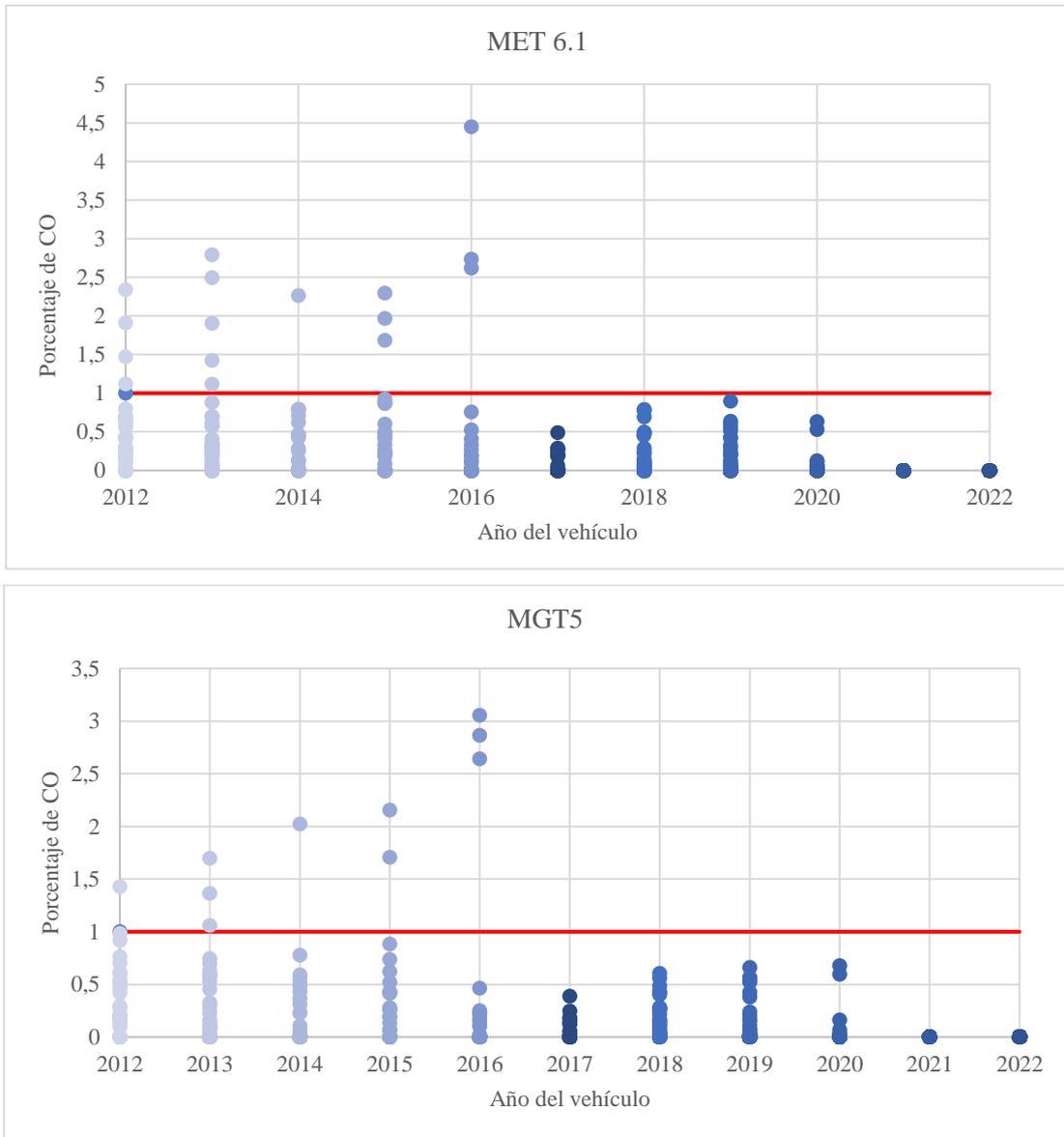


Ilustración 4-16: Grafica de dispersión del CO en estado ralentí de los dos analizadores.
Realizado por: Naula L, &Romero L, 2023.

De igual manera realizamos el mismo análisis para las mediciones del CO, se puede observar de cumple con los umbrales de los centros de revisión técnica vehicular. Se puede observar que, si difieren, pero si cumplen la normativa INEN 2303.

Grafica de dispersión del CO en estado de ralentí – MET 6.1

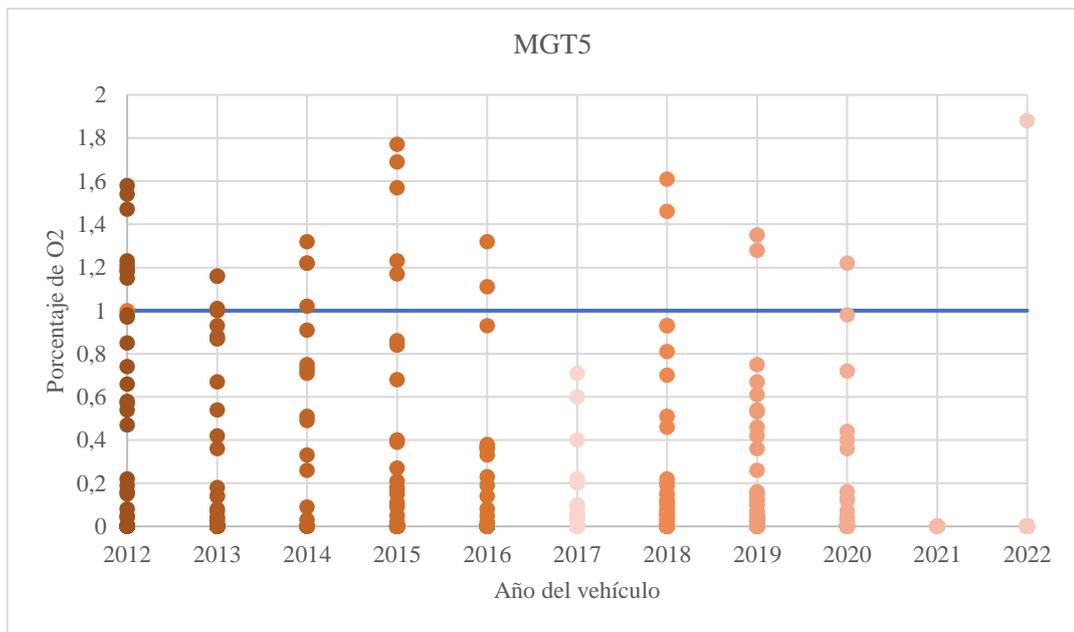
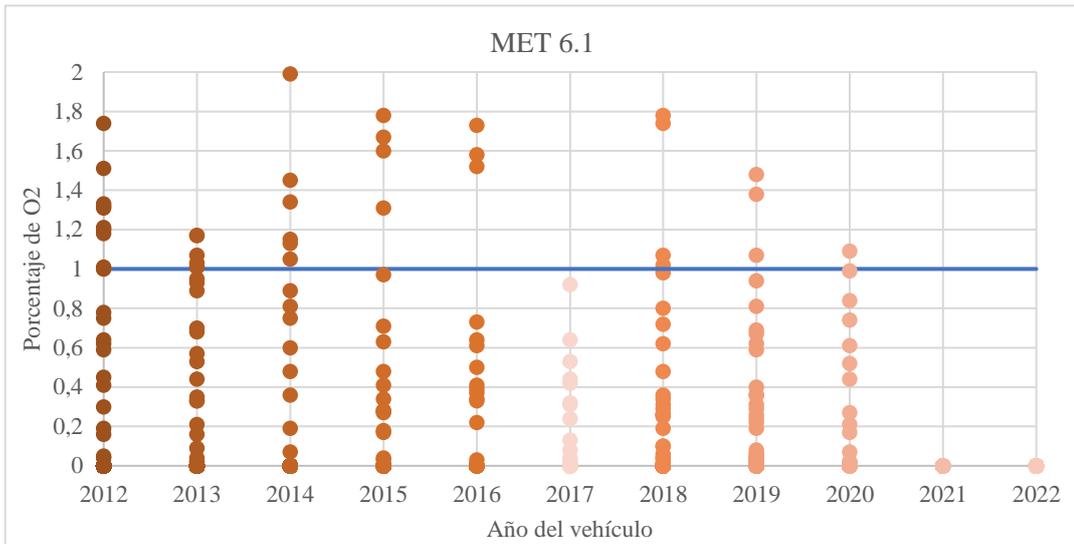


Ilustración 4-17: Grafica de dispersión del O2 en estado de ralentí de los dos analizadores.
Realizado por: Naula L, &Romero L, 2023.

Al igual de los gráficos anteriores los valores del O2 se encuentran bajo los umbrales de los centros de revisión técnica vehicular comprobando que el equipo MGT 5 si cumple la normativa INEN 2349 Y 2203.

4.3.2. Resultados obtenidos en base al desmontaje de los instrumentos

Tabla 4-11: Se realiza una comparación entre el MET 6.1 y MGT 5.

Parámetros	MET 6.1	MGT 5	
Rango de medición	CO- 0 - 10,00 % vol	CO- 0 - 15,0 % vol	
	CO2- 0 - 16,00 % vol	CO2- 0 - 20,0 % vol	
	HC- 0 - 2000 ppm	HC- 0 - 2000 ppm	
	O2- 0 - 25,00 % vol	O2- 0- 25,0 % vol	
Precisión de medida	CO- $\pm 0,02\%$ abs o $\pm 3\%$ rel	CO-0.06 vol %	
	CO2- $\pm 0,3\%$ abs o $\pm 3\%$ rel	CO2-0.5 vol %	
	HC- ± 4 ppm abs o $\pm 3\%$ rel	HC-12 ppm	
	O2- ± 0.02 % abs o $\pm 1\%$ rel	O2- 0.1 vol %	
Principio de medida	CO-NDIR	CO-infrarrojo	
	CO2-NDIR	CO2-infrarrojo	
	HC-NDIR	HC-Infrarrojo	
	O2-electroquímico.	O2-electroquímico.	
Temperatura de servicio.	Desde los 0 °C hasta los 45 °C	Desde los 5 °C hasta los 45°C	
Caudal	3.5 L/min	3 L/min	
Peso	4.6 kg	10 kg	
Componentes	Filtro de carbón activado.		
	Sensor de Oxígeno.		
	Filtro de suciedad, separador de agua		



Realizado por: Naula L, &Romero L, 2023.

En la siguiente tabla 11-4 se puede observar varios parámetros que se consideró para la comparación de equipos. A continuación, se detallará la comparativa de cada uno de estos criterios.

Rango de medición

Según la norma INEN 2349:2003 en la tabla 12-4 indica los requerimientos de un analizador de gases en base a esa tabla vamos a comprobar si los equipos cumplen (\ddot{u}) o no con las exigencias.

Tabla 4-12: Requerimientos de un analizador de gases.

Parámetros	MET 6.1	MGT 5
Rango de medición	\ddot{u}	\ddot{u}
Condiciones ambientales de funcionamiento	\ddot{u}	\ddot{u}
Ajuste	\ddot{u}	\ddot{u}
Sistema de toma de muestras	\ddot{u}	\ddot{u}

Realizado por: Naula L, &Romero L, 2023.

Como se puede notar en la tabla 12-4, los equipos cumplen los requerimientos de la norma que exige la ANT, en la tabla de requerimientos se menciona también que los equipos son de clase I, entonces para este grupo de equipos debe cumplir con un porcentaje mínimo de erros en sus mediciones. En base a la tabla 13-4, nos indica los valores de los errores de precisión de medidas con los cuales se analizarán si cumple o no con los parámetros que establecen la normativa OIMIL R99.

Precisión de medida

Tabla 4-13: Valores de los errores de medida de precisión de los analizadores de gases.

Componentes	Error			
	Absoluto		Relativo	
	MET 6.1	MGT 5	MET 6.1	MGT 5
CO % vol.	\ddot{u}	\ddot{u}^*	\ddot{u}	\ddot{u}^*

CO ₂ % vol.	ü	ü*	ü	ü*
O ₂ % vol.	ü	ü*	ü	ü*
HC ppm vol.	ü	ü*	ü	ü*

Realizado por: Naula L, &Romero L, 2023.

En base al análisis del cumplimiento de la normativa OIMIL R99 sobre los errores de medición, el equipo no homologado cumple, pero con el error máximo que establece esta norma a comparación del homologado que presenta errores mínimos.

Principio de medida

Se puede concluir que el principio de medición en ambos equipos utiliza la misma primicia, el cual trata de la medición por infrarrojo a excepción del O₂ que de igual manera utilizan el principio de medición por electroquímica.

Componentes

Tabla 4-14: resultados de la comparación de los analizadores MET 6.1 y MGT 5.

Componentes	MET 6.1	MGT5
Filtro de carbón activado.	Dispone de 3 filtros los cuales permitirán la retención de contaminantes. Partículas que salen del tubo de escape.	Dispones de 1 solo filtro en el exterior, pero en el interior contiene dos filtros de malla el cual ayudarían a la retención de contaminantes.
Sensor de Oxígeno	1 sensor de oxígeno de tres contactos el cual monitorea el oxígeno de la muestra de gas	1 sensor de oxígeno de tres contactos el cual monitorea el oxígeno de la muestra de gases.
Filtro de suciedad, separador de agua	1 filtro separador de agua retiene las impurezas para poder analizar los gases de automoción.	1 filtro separador de agua el cual de la misma manera retiene contaminantes o impurezas para facilitar el análisis de los gases.
Placa del sistema de funcionamiento del equipo.	Presenta componentes innovadores y un circuito más pequeño con el cual se puede desarrollar con facilidad el análisis de gases.	A comparación de la placa del MET 6.1 esta placa es de mayor tamaño, esto no significa que sea mejor, de la misma manera tiene la función de analizar la composición de los gases.

Realizado por: Naula L, &Romero L, 2023.

De manera general con la siguiente comparación que se realizó sobre los analizadores de gases tanto homologado como el que no se encuentra homologado, se pudo tener a detalle de una diferencia significativa entre los equipos, debido a que un equipo es más actual que el otro y la manera en que van cambiando sus componentes y diseño, ya que en el MET 6.1 es más compacto, con una mejora respecto a su antecesor el MGT 5.

CAPÍTULO V

5. MARCO PROPOSITIVO

En base a la experiencia que se obtuvo de este trabajo investigativo podemos proponer dos temas de estudio que debido a las limitaciones no se pudieron realizar o por preguntas que surgieron a lo largo del trabajo.

La primera propuesta de estudio es realizar la toma de datos con una sola unidad experimental es decir con un solo tipo de vehículo. Para esta investigación se debe tener en cuenta los siguientes parámetros.

1) Tamaño de muestra

Como se va a realizar en una sola unidad experimental la población podría ser infinita por lo cual se debe hacer énfasis en el cálculo de la muestra, tomar en cuenta el nivel de significancia que pretenden exponer en el estudio, para nuestra investigación se trabajó con una 95% el cual podremos recomendar trabajar con este valor.

La muestra de estudio debe ser mayor a 30 mediciones, de no ser así los resultados no serán confiables. Esta consideración fue una limitante en nuestro estudio, con lo cual no se pudo respaldar esta investigación

2) Categorización de la unidad experimental

Como se va a realizar en un solo vehículo y los analizadores son para realizar pruebas de gases en vehículos a gasolina, se recomienda realizar en las tres categorías de vehículos a gasolina es decir sedan, SUV y camionetas.

Bajo estas consideraciones concluir y comparara con nuestros resultados. Esperando la confirmación y discusión de este trabajo esto sería la primera proposición de estudio, a continuación, la segunda.

Debido a que el trabajo de investigación se lo realizo las pruebas en un estado estático de los vehículos de pruebas, surgió la pregunta de qué ocurriría si se realiza las mismas pruebas, pero en un estado dinámico, es por lo que el siguiente estudio que se realizaría a un futuro sería una investigación con pruebas dinámicas.

Existen dos ciclos de pruebas dinámicas que se pueden realizar, estos se tratan de: ciclo ECE-15+EUDC y el ciclo FTP-75.

Ciclo ECE-15+EUDC: este ciclo fue establecido por la Unión Europea, para vehículos livianos y medianos, a gasolina o diésel.

Ciclo FTP-75: fue establecido por la agencia de protección de medio ambiente de los Estados Unidos (EPA), de la misma manera para vehículos livianos y medianos, a gasolina o diésel. Luego de conocer el ciclo de la prueba, tener el conocimiento de cómo se realiza una prueba de gases desde el manejo de los equipos hasta la obtención de datos. Sabiendo que el equipo debe ser purgado cada vez que ha finalizado una prueba.

CONCLUSIONES

Se realizó la revisión de las normativas vigentes acerca de las pruebas de emisiones de gases en motores de combustión interna a gasolina, actualmente son 3 normas principales que rigen el control de emisiones en vehículos a gasolina. La norma INEN 2203 hace mención del método de ensayo para determinar los niveles de emisión. La norma INEN 2204 establece los límites de emisión del CO, CO₂, HC y O₂, dependiendo del año del vehículo. La norma 2349 indica los requerimientos técnicos para realizar una revisión técnica general donde establece los parámetros fundamentales que debe tener un analizador de gases la cual está basado en la normativa internacional ISO 3930.

Para el proceso de recopilación de datos como primera instancia se estableció la población la cual está compuesta por vehículos de 11 años de antigüedad es decir del 2012 en adelante y tiene valor de 652 vehículos entre livianos y camionetas. De la población se pudo hallar la muestra de estudio el cual es equivalente a 242 vehículos. Para la experimentación de este proceso se realizó pruebas bajo las mismas condiciones del vehículo y en el mismo instante, con los dos analizadores. De cada unidad experimental se obtuvo valores en ralentí y 2500 RPM.

Para comprobar la hipótesis de investigación se estableció primero los parámetros estadísticos para la inferencia de dos muestras como el tipo de prueba, la significancia, etc. Después de efectuar la prueba z para dos muestras se obtuvieron dos resultados por cada gas medido, esto debido a las condiciones del motor por esta razón se podrá observar resultados en ralentí y 2500 RPM.

En el estado de ralentí se pudo evidenciar la inferencia de medidas de 3 de los 4 gases medidos, los cuales fueron el CO₂, HC y el O₂ ya que presentan valores inferiores al nivel de significancia de 0.025. De los cuales el dióxido de carbono presenta el valor de significancia más baja con un valor 3.19839×10^{-12} más de la mitad de las muestras difieren en este estado.

En el estado de 2500 RPM la mitad de las muestras difieren es decir 2 de 4 gases, en este caso el CO₂ y el O₂ presentan valores inferiores al nivel de significancia 0.025. De los dos gases el CO₂ presenta el valor de significancia más baja con un valor de 12.5×10^{-12} .

Entonces como conclusión se puede afirmar que más de una muestra difieren por lo tanto se concluye que el equipo no homologado no presenta las mismas características de precisión de medida que el analizador homologado, pero esto no significa que este equipo este midiendo valores atípicos que establece la norma INEN2349.

Luego de la comparación de los componentes y características técnicas se pudo evidenciar que el equipo MGT 5 es más robusto y presenta tecnología más antigua y dentro de la precisión se pudo constatar que este equipo presenta errores máximos permitidos que establece la norma ISO 3930 a comparación del MET 6.1 que presenta valores inferiores al máximo establecido.

Finalmente se llegó a la conclusión que la hipótesis de investigación se cumple es decir las medidas del equipo no homologado (MGT 5) si difieren del homologado (MET 6.1) pero que si cumple con los parámetros establecidos con la normativa INEN 2349.

RECOMENDACIONES

Para realizar las pruebas de diagnóstico de gases revisar la normativa 2203 el cual establece los pasos a seguir para desarrollar la prueba de gases, se debe tener en cuenta que después de cada prueba se debe purgar los equipos así eliminamos residuos, si no se realiza esta actividad no se podrá realizar más mediciones.

En la instalación de la pinza trigger ubicar en las bobinas o en los cables que pueda reconocer el software, que el vehículo está trabajando, ya que muchas veces se tiene problemas de interferencia de señal y esto genera problemas en las medidas ya que el software calificara en base al rpm que está recibiendo. En caso de que no se pueda usar la piza trigger utilizar el rotofon. También tener en cuenta el tipo de activación de las bobinas es decir identificar si es de una sola o doble chispa y se debe especificar en el programa Eurosystem.

Después de un periodo de mediciones realizar un mantenimiento a todo el sistema de diagnóstico de gases es decir purgar los filtros y expulsar residuos contaminantes de las sondas.

Tener en cuenta el tiempo de calentamiento y la calibración de los equipos por la razón de que estos equipos necesitan llegar a una temperatura adecuada de trabajo caso contrario no podrán realizar ningún tipo de medición.

Pedir capacitación acerca del software eurosystem ya que abarca varias pruebas de revisión técnica vehicular y es fácil perderse, incluso dentro de las pruebas de gases a gasolina existen subpruebas que se diferencian en el tiempo de medición, se recomienda trabajar con la prueba estática de gases.

Par el análisis inferencial de mediciones establecer los parámetros estadísticos adecuado ya que dependerán del grado de significancia que quiere para su trabajo de investigación, Además utilizar softwares que agiliten este proceso, en la investigación se usó el Excel.

BIBLIOGRAFÍA

ANT, *Resolucion_No_025-DIR-2019-ANT* [en línea]. 2019. S.l.: s.n. Disponible en: https://www.ant.gob.ec/download/26/directorio-2019/243/resolucion_no_025-dir-2019-ant.pdf.

ANTONIO, R. & MUÑOZ, M., *Motores de Combustión Interna*. Madrid: s.n. ISBN 978-84-362-7086-0.

ARIAS-GÓMEZ, J., VILLASÍS-KEEVER, M.Á. & MIRANDA-NOVALES, M.G., El protocolo de investigación III: la población de estudio. *Revista Alergia México*, vol. 63, no. 2, pp. 201-206. ISSN 0002-5151. DOI 10.29262/ram.v63i2.181.

ARIAS, F., *El Proyecto de Investigación: Introducción a la metodología científica* [en línea]. 6. Caracas: s.n. ISBN 9800785299. Disponible en: <https://www.ptonline.com/articles/how-to-get-better-mfi-results>.

ATM, *instructivo de revisión técnica vehicular 2014* . [en línea]. Guayaquil: [Consulta: 17 febrero 2023]. Disponible en: https://files.eluniverso.com/archivos/2014/07/instructivo_drtv-2014-irtv-_usuario-_version_3.1.pdf.

AZUERO, Á.E., Significatividad del marco metodológico en el desarrollo de proyectos de investigación. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía*, vol. 4, no. 8, pp. 110. ISSN 2542-3088. DOI 10.35381/r.k.v4i8.274.

BUENDIA, L., COLAS, M.P. & HERNANDEZ, F., 2001. *MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN EN PSICOPEDAGOGÍA* [en línea]. Edigrafos,. Madrid: s.n. [Consulta: 21 diciembre 2022]. ISBN 84-481-1254-7. Disponible en: https://www.icmujeres.gob.mx/wp-content/uploads/2020/05/LEONOR-Metodos-de-investigacion-en-psicopedagogia-medilibros.com_.pdf.

INEN, *Gestión ambiental. Aire. Vehículos automotores. Determinación de la concentración de emisiones de escape en condiciones de marcha mínima o “ralenti”*. Prueba estática [en línea]. 7 julio 2000. Quito: Instituto ecuatoriano de normalización. [Consulta: 4 noviembre 2022]. Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2203.pdf>.

INEN, *NTE INEN 2 207:2002* .*Gestión ambiental. Aire. Vehículos automotores. Límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres de diesel*. [en línea]. 30

septiembre 2002. Quito: INEN. [Consulta: 29 octubre 2022]. Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2207.pdf>.

INEN, *Revisión técnica vehicular. Procedimientos*. [en línea]. 2003. Quito: instituto ecuatoriano de normalización. [Consulta: 5 noviembre 2022]. Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2349.pdf>.

INEN, *Norma técnica ecuatoriana nte inen 2202:2013 primera revisión 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 Primera edición* [en línea]. 2013. S.l.: s.n. [Consulta: 29 octubre 2022]. Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2202-1.pdf>.

INEN, *Gestión ambiental aire vehículos automotores límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres que emplean gasolina* [en línea]. 1 octubre 2017. quito: norma técnica ecuatoriana. [Consulta: 4 noviembre 2022]. Disponible en: https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_2204-2.pdf.

LÓPEZ-ROLDÁN, P. & FACHELLI, S., *Metodología de la investigación social cuantitativa* [en línea]. 1. Barcelona: Creative Commons. [Consulta: 17 febrero 2023]. Disponible en: https://ddd.uab.cat/pub/caplli/2017/185163/metinvsocua_cap2-4a2017.pdf.

MAFLA, M. & ORTIZ, M., *Metodología para certificar la calibración de analizadores de gases y opacímetros* [en línea]. Quito: Escuela Politécnica Nacional. [Consulta: 3 noviembre 2022]. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/515/1/CD-1034.pdf>.

MAHA, *MGT 5 Analizador de 4/5 gases- Manual de Instrucciones original*. V1.0.02.04. España: s.n. 2015.

MAHA, *analizador de gases MET 6.1* . [en línea]. [Consulta: 29 octubre 2022]. Disponible en: <https://lealimportaciones.com/shop/maha/analizador-de-gases-met-6-1/>.

MARROQUIN, R., *La metodología* [en línea]. S.l.: NIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN ENRIQUE GUZMÁN Y VALLE. Disponible en: <http://www.une.edu.pe/Titulacion/2013/exposicion/SESION-3-DE LA METODOLOGIA.pdf>.

MARTINEZ, L., *Comparación de 2 muestras con R*. En: M. GARCIA y M. EUAN (eds.), *El*

eterno debate en desarrollo móvil ¿HTML5 , apps nativas o híbridas? [en línea]. Yucatan: UAY, [Consulta: 17 febrero 2023]. Disponible en: <https://www.tizimin.uady.mx/archivos/publicaciones/RevistaInforFMATeNo8.pdf#page=39>.

MOGRO, A.E. & HUERTAS, J.I., Root causes of the differences in the real-world vehicle emissions between Mexico and the US. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, vol. 102. DOI 10.1016/j.trd.2021.103153.

NÚÑEZ, C., “Estudio De Emisiones De Gases En Vehículos A Gasolina En La Universidad Técnica De Ambato Campus Huachi” [En Línea]. Ambato: Universidad Técnica De Ambato. [Consulta: 17 febrero 2023]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/29538/1/Tesis I. M. 507 - Núñez Pérez Carlos Santiago.pdf>.

ORTIZ, J., *Analizador de Gases para Vehículos de Gasolina* [en línea]. Roviora: Universitat Roviora i Virgili. [Consulta: 17 febrero 2023]. Disponible en: <http://deeea.urv.cat/public/PROPOSTES/pub/pdf/1520pub.pdf>.

PAYRI, F. & DESANTES, M., *Motores de Combustión Interna Alternativos (MCIA) (1ª Parte)* [en línea]. S.l.: s.n. ISBN 9788483637050. Disponible en: <https://ingenieromarinero.com/motores-de-combustion-interna-alternativos-mcia/> <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/70998/IPP-Payri%3BDesantes - MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA ALTERNATIVOS.pdf?sequence=2&isAllowed=y>.

RAMOS, C., *Editorial: Diseños de investigación experimental*. S.l.: s.n. 2021.

ROCHA-HOYOS, J.C., ZAMBRANO, D., PORTILLA, Á., ERAZO, G., TORRES, G. LLANES-CEDEÑO, E., Análisis de Gases del Motor de un Vehículo a través de Pruebas Estáticas y Dinámicas. //Analysis of Gases of the Engine of a Vehicle through Static and Dynamic Tests. *Ciencia Unemi*, vol. 11, no. 28, pp. 97-108. ISSN 1390-4272. DOI 10.29076/issn.2528-7737vol11iss28.2018pp97-108p.

RODRIGUEZ, R., CARDENAS, T. & HERNANDEZ, N., *estadística con excel prueba de hipótesis* [en línea]. 1. Guadalajara: s.n. ISBN 978-84-18313-23-3. Disponible en: <https://cucea.udg.mx/include/publicaciones/coorinv/pdf/Libro-Prueba-de-hipotesis.pdf>.

SANZ, S., *Implantacion de las normas iso 50001 y ea 0050 en una concesión de largo recorrido*

de transporte de viajeros por carretera [en línea]. S.l.: Universidad Politécnica De Madrid Máster. Disponible en: https://oa.upm.es/66357/1/TFM_Sandra_Belen_Sanz_Reyes.pdf.

SCHRADER, R., Lambda Calculation - Brettschneider Equation. , vol. 5, no. 510, pp. 1-5.

SERRANO, E., “*Desarrollo De Un Multisensor Infrarrojo No Dispersivo Para Un Prototipo De Medición De Gases En Sedimentos*” [En Línea]. Metepec: Instituto Tecnológico De Toluca. [Consulta: 4 noviembre 2022]. Disponible en: <https://rinacional.tecnm.mx/bitstream/TecNM/4041/1/Tesis-final-Edgar.pdf>.

TIPANLUISA, L.E., REMACHE, A.P., AYABACA, C.R. & REINA, S.W., Emisiones Contaminantes de un Motor de Gasolina Funcionando a dos Cotas con Combustibles de dos Calidades. *Información tecnológica* [en línea], vol. 28, no. 1, pp. 03-12. [Consulta: 17 febrero 2023]. ISSN 0718-0764. DOI 10.4067/S0718-07642017000100002. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S071807642017000100002&lng=es&nr_m=iso&tlng=es.

YANQUI, L., “*Análisis del impacto del tráfico vehicular sobre las emisiones contaminantes*” [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en: <http://dspace.espoeh.edu.ec/bitstream/123456789/16039/1/65T00417.pdf>.

ANEXOS

ANEXO A: INDUCCIÓN A LOS EQUIPOS DE DIAGNÓSTICO MET 6.1 Y MGT 5 PARA LAS PRUEBAS DE GASES.



	Ralenti		Ralenti elevado	
CO	0.88	% Vol.	1.43	% Vol.
CO ₂	14.35	% Vol.	11.88	% Vol.
CO _{correctado}	0.680	% Vol.	1.839	% Vol.
HC	449	ppm	1887	ppm
O ₂	1.35	% Vol.	3.93	% Vol.
NO _x	—	ppm	—	ppm
Lambda	1.031		1.079	
Temperatura	—	°C	—	°C
RPM	690	min ⁻¹	2180	min ⁻¹
AFR	—	%	—	%
Temp. aceite	—	°C	—	°C



ANEXO B: TOMA DE DATOS EN LOS EQUIPOS.



ANEXO C.: RECOPIACIÓN DE DATOS

Fecha	Revisión	Centro RTV	Placa	Estado Visita	Numero Chasis	Año Vehiculo	Tipo	Sub Tipo
9/01/2022	2	CENTRO RTV PELILEO	PB15127	Aprobado	KNAFW612AA5250617	2010	LIVIANO	AUTOMOVIL
9/01/2022	2	CENTRO RTV PELILEO	TBA8156	Aprobado	KMFZB X7HAAU594584	2010	PESADOS	CARGA
9/01/2022	2	CENTRO RTV PELILEO	PB A9253	Aprobado	KMHFN41CPSU160789	2008	LIVIANO	AUTOMOVIL
9/01/2022	2	CENTRO RTV PELILEO	PWV0208	Aprobado	8YTRF08L918A10966	2001	LIVIANO	CAMIONETAS
9/01/2022	2	CENTRO RTV PELILEO	TDR0437	Aprobado	LZWACAGA891000090	2009	LIVIANO	CAMIONETAS
9/01/2022	2	CENTRO RTV PELILEO	IAG0607	Aprobado	3N1EB31S02K371479	2002	LIVIANO	AUTOMOVIL
9/01/2022	1	CENTRO RTV PELILEO	TBH5738	Aprobado	8LATD52Y6K0389655	2019	LIVIANO	AUTOMOVIL
9/01/2022	1	CENTRO RTV PELILEO	TBC9328	Aprobado	KMFWA37HACU442956	2012	LIVIANO	CAMIONETAS
9/01/2022	1	CENTRO RTV PELILEO	PB K6607	Aprobado	8LATD586XB0054792	2011	LIVIANO	AUTOMOVIL
9/01/2022	1	CENTRO RTV PELILEO	HAA2467	Aprobado	JHDAK8JRSFXX12593	2015	PESADOS	BUS
9/01/2022	1	CENTRO RTV PELILEO	PIK0096	Aprobado	JHDFC4JU4XX10190	2004	PESADOS	CARGA
9/01/2022	1	CENTRO RTV PELILEO	PKM0168	Aprobado	Z691A0460	1991	LIVIANO	AUTOMOVIL
9/01/2022	1	CENTRO RTV PELILEO	PBU5697	Aprobado	8LATD51Y9B0109244	2011	LIVIANO	AUTOMOVIL
9/01/2022	1	CENTRO RTV PELILEO	TBH7468	Aprobado	8LATD52Y2K0392424	2019	LIVIANO	AUTOMOVIL
9/01/2022	1	CENTRO RTV PELILEO	HCL0317	Aprobado	9GDNHR55X7B007959	2007	PESADOS	CARGA
9/01/2022	1	CENTRO RTV PELILEO	PTS0761	Condicionado	S08137G05726	1996	LIVIANO	AUTOMOVIL
9/01/2022	2	CENTRO RTV PELILEO	PTS0761	Aprobado	S08137G05726	1996	LIVIANO	AUTOMOVIL
9/01/2022	1	CENTRO RTV PELILEO	LBT0939	Aprobado	JHLRD1750WC256238	1998	LIVIANO	AUTOMOVIL
9/01/2022	1	CENTRO RTV PELILEO	PBN1999	Aprobado	JL6B BE6H0BK000303	2011	PESADOS	CARGA
9/01/2022	1	CENTRO RTV PELILEO	TBC6219	Aprobado	JAANLR55EC7102628	2012	PESADOS	CARGA
9/01/2022	1	CENTRO RTV PELILEO	PVF0738	Aprobado	LB1208F8326	1999	LIVIANO	CAMIONETAS
9/01/2022	1	CENTRO RTV PELILEO	ABB7376	Aprobado	KMFZB X7HAAU665970	2011	PESADOS	CARGA
9/01/2022	1	CENTRO RTV PELILEO	PB O7589	Aprobado	8LFUNY02GBM002529	2011	LIVIANO	CAMIONETAS
9/01/2022	1	CENTRO RTV PELILEO	PBV9147	Aprobado	9FBLSRADBCM047411	2012	LIVIANO	AUTOMOVIL
9/01/2022	1	CENTRO RTV PELILEO	XBB1577	Aprobado	KMHCT41DADU367462	2013	LIVIANO	AUTOMOVIL
9/01/2022	1	CENTRO RTV PELILEO	PIE0678	Aprobado	9FH31UNE848001784	2004	LIVIANO	CAMIONETAS
9/01/2022	1	CENTRO RTV PELILEO	PB Q7678	Aprobado	MR0EX12G5B2043100	2011	LIVIANO	CAMIONETAS
9/01/2022	1	CENTRO RTV PELILEO	HOM0048	Aprobado	JTDBT933481247005	2008	LIVIANO	AUTOMOVIL

ANEXO D: DESPIECE DE LOS ANALIZADORES DE GASES.

