



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**“EVALUACIÓN DEL TORQUE, POTENCIA Y EMISIONES
CONTAMINANTES DE UN VEHÍCULO HASHBACK 2011 DE
1400CC A GASOLINA CON LA IMPLEMENTACION DE UNA
VÁLVULA”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

AUTOR:

JONATHAN MAURICIO LLUGLLA TIPÁN

Riobamba - Ecuador

2023



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**“EVALUACIÓN DEL TORQUE, POTENCIA Y EMISIONES
CONTAMINANTES DE UN VEHÍCULO HASHBACK 2011 DE
1400CC A GASOLINA CON LA IMPLEMENTACION DE UNA
VÁLVULA”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

AUTOR: JONATHAN MAURICIO LLUGLLA TIPÁN

DIRECTOR: ING. VICTOR DAVID BRAVO MOROCHO

Riobamba - Ecuador

2023

©2023, Jonathan Mauricio Lluglla Tipán

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.

Yo, Jonathan Mauricio Lluglla Tipán, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 02 de junio de 2023

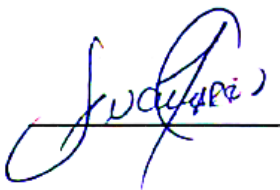
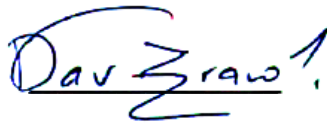
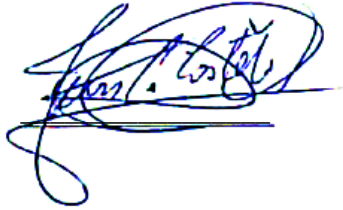


Jonathan Mauricio Lluglla Tipán

180519413-9

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA INGENIERIA AUTOMOTRIZ

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto de Investigación, **EVALUACIÓN DEL TORQUE, POTENCIA Y EMISIONES CONTAMINANTES DE UN VEHÍCULO HASHBACK 2011 DE 1400CC A GASOLINA CON LA IMPLEMENTACION DE UNA VÁLVULA**, realizado por el señor: **JONATHAN MAURICIO LLUGLLA TIPÁN**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal 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. Edgar Fabián Sánchez Carrión Msc. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2023-06-02
Ing. Victor David Bravo Morocho Msc. DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-06-02
Ing. Juan Carlos Castelo Valdivieso Msc. ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-06-02

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a Dios por darme salud y fuerza para cumplir mi sueño, a mi familia quienes siempre me apoyaron y me dieron ánimo para alcanzar mi meta, enseñándome que con esfuerzo y dedicación puedo lograr todo lo que me proponga.

Jonathan

AGRADECIMIENTO

Agradezco primero a Dios por permitirme estar con vida, a mi madre y hermana por su aliento y no dejarme decaer, y agradezco a todos los docentes de la Carrera de Ingeniería Automotriz de la ESPOCH que me impartieron su conocimiento a través de mi vida universitaria convirtiéndome en una persona y profesional de bien.

Jonathan

INDICE DE CONTENIDO

INDICE DE TABLAS.....	xi
INDICE DE ILUSTRACIONES.....	xii
INDICE 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
1.3.	Problema general de Investigación.....	4
1.4.	Problemas específicos de investigación.....	4
1.5.	Objetivos.....	4
1.5.1.	<i>Objetivo general</i>	4
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.	Justificación práctica.....	6
1.7.	Hipótesis.....	7

CAPÍTULO II

2.	MARCO TEÓRICO.....	8
2.1.	Antecedentes de la investigación.....	8
2.2.	Referencias teóricas.....	13
2.2.1.	<i>Emisiones de escape</i>	13
2.2.1.1.	<i>Sistema de recirculación de gases de escape</i>	14
2.2.1.2.	<i>Dióxido de carbono (CO₂)</i>	15
2.2.1.3.	<i>Monóxido de carbono (CO)</i>	15
2.2.1.4.	<i>Óxidos de nitrógeno (NO_x)</i>	16
2.2.1.5.	<i>Hidrocarburos (HC)</i>	16

2.2.1.6.	<i>Partículas</i>	16
2.2.1.7.	<i>Óxidos de azufre (SO₂)</i>	16
2.2.2.	<i>Norma NTE INEN 2203</i>	16
2.2.3.	<i>Norma NTE INEN 2204</i>	17
2.2.4.	<i>Par motor o torque de un MCI</i>	17
2.2.5.	<i>Potencia de un MCI</i>	18
2.2.6.	<i>Métodos de obtención de torque y potencia en MCI</i>	18
2.2.7.	<i>Método directo de frenos de fricción</i>	18
2.2.8.	<i>Método de freno hidráulico</i>	19
2.2.9.	<i>Por dinamómetro de chasis</i>	19
2.2.10.	<i>Método de aceleración libre</i>	20
2.2.11.	<i>Válvula Ecológica Marclais</i>	21
2.2.11.1.	<i>Principio de funcionamiento</i>	22
2.2.11.2.	<i>Ficha técnica de la válvula Marclais</i>	22
2.2.11.3.	<i>Características técnicas de la válvula Marclais</i>	22
2.2.12.	<i>Sensor MAP</i>	23

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	24
3.1.	Tipos de investigación	24
3.1.1.	<i>Esquema del marco metodológico</i>	25
3.2.	Operacionalización de las variables	27
3.2.1.	<i>Tipos de variables</i>	27
3.2.1.1.	<i>Variable independiente</i>	27
3.2.1.2.	<i>Variables dependientes</i>	27
3.3.	Técnicas e instrumentos para la recolección de datos.	28
3.3.1.	<i>Selección del vehículo.</i>	28
3.3.2.	<i>Determinación del combustible</i>	30
3.3.3.	<i>Determinación de ruta.</i>	31
3.3.4.	<i>Analizador de gases.</i>	32
3.3.4.1.	<i>Especificaciones técnicas del equipo</i>	33
3.3.5.	<i>Tanque portátil de combustible.</i>	34
3.3.6.	<i>Balanza digital.</i>	34
3.3.6.1.	<i>Especificaciones de la balanza digital CAMRY ACS-30-JC21</i>	35
3.3.7.	<i>Dinamómetro</i>	35

3.3.7.1.	<i>Especificaciones del dinamómetro DYNOCOM DC5000-FX</i>	36
3.3.8.	<i>Prueba del sensor MAP</i>	36
3.3.8.1.	<i>Multímetro TRUPER MUT-830</i>	37
3.3.8.2.	<i>Pin data del sensor MAP</i>	37
3.4.	<i>Implementación de la válvula ecológica Marclais en el vehículo</i>	38
3.4.1.	<i>Protocolo de instalación de la válvula ecológica Marclais</i>	38
3.5.	<i>Protocolos de medición de las pruebas</i>	40
3.5.1.	<i>Protocolo de medición de emisiones contaminantes según NTE INEN 2203</i>	40
3.5.1.1.	<i>Procedimiento para la medición</i>	40
3.5.1.2.	<i>Medición</i>	41
3.5.1.3.	<i>Informe de resultados</i>	41
3.5.2.	<i>Protocolo de consumo de combustible norma SAE J1321:2012</i>	41
3.5.3.	<i>Protocolo de prueba de torque y potencia</i>	42
3.6.	<i>Técnicas de análisis</i>	42
3.6.1.	<i>Minitab</i>	42
3.6.2.	<i>Prueba estadística t de student</i>	43

CAPITULO IV

4.	<i>ANÁLISIS DE RESULTADOS</i>	44
4.1.	<i>Emisiones de gases contaminantes</i>	44
4.1.1.	<i>Análisis de los resultados del monóxido de carbono (CO)</i>	46
4.1.1.1.	<i>Discusión</i>	47
4.1.2.	<i>Análisis de los resultados del dióxido de carbono (CO₂)</i>	48
4.1.2.1.	<i>Discusión</i>	49
4.1.3.	<i>Análisis de los resultados de los hidrocarburos (HC)</i>	49
4.1.3.1.	<i>Discusión</i>	50
4.1.4.	<i>Análisis de los resultados del oxígeno (O₂)</i>	50
4.1.4.1.	<i>Discusión</i>	52
4.2.	<i>Consumo de combustible</i>	52
4.2.1.	<i>Análisis de los resultados del consumo de combustible</i>	53
4.2.1.1.	<i>Discusión</i>	54
4.3.	<i>Potencia y torque</i>	54
4.3.1.1.	<i>Discusión de la potencia y torque</i>	56
4.4.	<i>Prueba del sensor MAP</i>	57
4.4.1.	<i>Discusión</i>	57

CAPITULO 5

5. MARCO PROPOSITIVO	58
CONCLUSIONES.....	59
RECOMENDACIONES.....	60
BIBIOGRAFÍA	
ANEXOS	

INDICE DE TABLAS

Tabla 1-2: Tiempos de respuesta de un MCI con la válvula Marclais.....	13
Tabla 2-2: Límites máximos de emisiones permitidos a relantí según NTE INEN 2204.....	17
Tabla 3-2: Ficha técnica de la válvula Marclais.....	22
Tabla 4-2: Característica técnicas de la Válvula Marclais.....	22
Tabla 1-3: Designación de nomenclaturas.....	27
Tabla 2-3: Ficha técnica Hyundai Getz 1.4L 2011.....	30
Tabla 3-3: Ficha técnica analizador KANE AUTOplus 4-2.....	33
Tabla 4-3: Ficha técnica de la balanza digital CAMRY ACS-30-JC21.....	35
Tabla 5-3: Ficha técnica del dinamómetro DYNOCOM DC5000-FX.....	36
Tabla 6-3: Características del multímetro TRUPER MUT-830.....	37
Tabla 1-4: Emisiones contaminantes a diferentes RPM.....	45
Tabla 2-4: Óxido de carbono implementada y no la válvula Marclais.....	46
Tabla 3-4: Prueba estadística t de Student (CO).....	47
Tabla 4-4: Dióxido de carbono implementada y no la válvula Marclais.....	48
Tabla 5-4: Prueba estadística t de Student (CO ₂).....	49
Tabla 6-4: Hidrocarburos al implementar y no la válvula Marclais.....	49
Tabla 7-4: Prueba estadística t de Student (HC).....	50
Tabla 8-4: Oxígeno al implementar y no la válvula Marclais.....	51
Tabla 9-4: Prueba estadística t de Student (O ₂).....	51
Tabla 10-4: Pruebas de consumo de combustible.....	52
Tabla 11-4: Consumo de combustible sin implementar la válvula Marclais.....	53
Tabla 12-4: Consumo de combustible implementada la válvula Marclais.....	53
Tabla 13-4: Prueba estadística t de Student (consumo).....	54
Tabla 14-4: Pruebas de potencia y torque máximos.....	54
Tabla 15-4: Prueba estadística t de Student (potencia).....	55
Tabla 16-4: Prueba estadística t de Student (torque).....	56
Tabla 17-4: Voltajes y presiones en diferentes condiciones.....	57

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-2:	Emisiones de monóxido de carbono a relantí.	8
Ilustración 2-2:	Emisiones de monóxido de carbono (a 2500 RPM)	9
Ilustración 3-2:	Emisiones de hidrocarburos a relantí.....	9
Ilustración 4-2:	Emisiones de hidrocarburos a 2500 RPM.....	10
Ilustración 5-2:	Emisiones de monóxido de carbono a diferentes altitudes	10
Ilustración 6-2:	Emisiones de monóxido de carbono a diferentes RPM	11
Ilustración 7-2:	Emisiones de dióxido de carbono a diferentes altitudes	11
Ilustración 8-2:	Emisiones de dióxido de carbono a diferentes RPM	12
Ilustración 9-2:	Consumo de combustible a diferentes RPM.....	12
Ilustración 10-2:	Consumo específico a diferentes RPM	13
Ilustración 11-2:	Composición de los gases de combustión de un MEP.....	14
Ilustración 12-2:	Composición de los gases de combustión de un MEP.....	15
Ilustración 13-2:	Esquema Funcionamiento del freno de fricción	18
Ilustración 14-2:	Funcionamiento de un freno hidráulico	19
Ilustración 15-2:	Dinamómetro DC5000-FX	20
Ilustración 16-2:	Válvula Ecológica Marclais.....	22
Ilustración 17-2:	Sensor MAP.....	23
Ilustración 1-3:	Ventas anuales de vehículos 2021	28
Ilustración 2-3:	Vehículos matriculados según su uso y clase	29
Ilustración 3-3:	Vehículos matriculados según modelo	29
Ilustración 4-3:	Vehículo Hyundai Getz 1.4 L 2011	30
Ilustración 5-3:	Despachos de derivados de Petroecuador 2021	31
Ilustración 6-3:	Ruta ESPOCH-Guano.....	32
Ilustración 7-3:	Analizador KANE AUTOplus 4-2.....	33
Ilustración 8-3:	Caneca de combustible	34
Ilustración 9-3:	Balanza digital CAMRY ACS-30-JC21	35
Ilustración 10-3:	Dinamómetro DYNOCOM DC5000-FX.....	36
Ilustración 11-3:	Multímetro TRUPER MUT-830.....	37
Ilustración 12-3:	Ubicación del sensor MAP	38
Ilustración 13-3:	Conector del sensor MAP vista posterior	38
Ilustración 14-3:	Implementación de la válvula Marclais	39
Ilustración 15-3:	Perforación del múltiple de admisión	39
Ilustración 16-3:	Válvula instalada.....	40
Ilustración 17-3:	Curva para la prueba estadística t Student	43
Ilustración 1-4:	Recolección de datos de emisiones contaminantes.....	46

Ilustración 2-4:	Comportamiento del CO implementada y no la válvula Marclais	47
Ilustración 3-4:	Comportamiento del CO2 implementada y no la válvula Marclais	48
Ilustración 4-4:	Comportamiento de los HC implementada y no la válvula Marclais	50
Ilustración 5-4:	Comportamiento del O2, implementada y no la válvula Marclais.....	51
Ilustración 6-4:	Recolección de datos del consumo de combustible	52
Ilustración 7-4:	Diferencia de consumo de combustible en litros	53
Ilustración 8-4:	Variación de la potencia al implementar la válvula Marclais	55
Ilustración 9-4:	Variación de la potencia al implementar la válvula Marclais	56
Ilustración 10-4:	Recolección de datos del sensor MAP	57

INDICE DE ANEXOS

ANEXO A: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LAS VARIABLES.

ANEXO B: NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2 203:2000

ANEXO C: NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2204

RESUMEN

El presente estudio indica la evaluación energética y de emisiones contaminantes al usar la válvula ecológica Marclais en un motor atmosférico para reducir el efecto de la altitud en la que se encuentra la ciudad de Riobamba de 2754 m.s.n.m., al implementarlo en un vehículo hatchback del modelo Getz de 1400 cc de la marca Hyundai, siendo el estudio más cercano uno realizado en la ciudad de Antioquia en Colombia en un vehículo Renault Twingo de 1149 cc, se procedió a evaluar el comportamiento de esta válvula dando como resultados que en la prueba de torque y potencia hubo una disminución en todas las cargas del motor siendo de 7.83 HP y 15.64 Nm respectivamente, al realizar la prueba en un dinamómetro de rodillos. Las emisiones contaminantes resultaron desfavorables por el incremento de CO₂ en todos los rpm que se realizaron las pruebas, mediante una prueba estática con un analizador de gases portátil. El CO se vio beneficiado a 4000 rpm con la disminución del 33.33%, los HC a su vez resultaron ser expulsados en menor cantidad cuando el motor se encontraba a un régimen de 2000 rpm con una expulsión de 48 ppm. En lo que corresponde al consumo de combustible se demostró que hubo un incremento de 90 ml en una ruta de 20.5 km. Una vez evaluados los resultados se concluyó que al implementar la válvula Marclais en un vehículo Hyundai Getz de 1400cc a gasolina mostró inconsistencias con los datos suministrados por el fabricante.

Palabras clave: <EVALUACIÓN ENERGÉTICA> <EMISIONES CONTAMINANTES> <VÁLVULA MARCLAIS> <MOTOR A GASOLINA> <POTENCIA> <CONSUMO DE COMBUSTIBLE>

0998-DBRA-UPT-2023



SUMMARY

This study entails the energy and pollutant emissions assessment while utilizing the Marclais eco-valve in an atmospheric engine, to mitigate the effects of high altitude conditions present in the city of Riobamba, located at an elevation of 2754 meters above sea level when implementing it in a 1400 cc Hyundai Getz hatchback vehicle, the closest study conducted was in the city of Antioquia, Colombia, using an 1149 cc Renault Twingo vehicle. The valve behavior, was evaluated, and the results showed a decrease in the torque and power in all engine loads during the test. Specifically, there was a reduction of 7.83 HP and 15.64 Nm, respectively, when the test was conducted on a roller dynamometer. The pollutant emissions turned out unfavorable due to the increased CO₂ levels at all RPMs during the conducted tests. It was determined through a static test using a portable gas analyzer. The CO (carbon monoxide) emissions experienced a beneficial effect with a 33.33% reduction specifically at 4000 RPM. The HC (hydrocarbon) emissions, in turn, were found to be expelled in lesser quantity when the engine was operating at a speed of 2000 RPM, with an emission level of 48 ppm. Regarding fuel consumption, it was demonstrated that there was an increase of 90 mL per 20.5 km on the route. Once the results were evaluated, it was concluded that implementing the Marclais valve in a 1400cc gasoline-powered Hyundai Getz vehicle showed inconsistencies with the data provided by the manufacturer.

Keywords: <ENERGETIC EVALUATION> <POLLUTING EMISSIONS> <MARCLAIS VALVE> <GASOLINE ENGINE> <OUTPUT> <FUEL CONSUMPTION>



Lic. Patricia Pilar Moyota Amaguaya. Mgs.

C.I.: 0603611013

INTRODUCCIÓN

El Ecuador posee ciudades que se encuentran ubicadas en un nivel muy alto con respecto al mar, esto debido a que por este país cruza la Cordillera de los Andes, la cual hace que se divida el país en tres regiones, sin tomar en cuenta la región insular que se encuentra en el Océano Pacífico separada del paso de esta Cordillera, una de estas es la región Andina o Sierra que posee uno de los nevados más altos del mundo, y grandes montañas en las cuales se ubican las ciudades las cuales logran sobrepasar los 2750 m.s.n.m. (Basantes, 2018, pp. 414 – 425).

Los fabricantes de muchas marcas de vehículos diseñan sus autos para obtener un óptimo rendimiento del motor a una altura donde exista una mayor densidad del aire, cuando el vehículo empieza a funcionar por encima de los 1500 m.s.n.m., el motor que impulsa al vehículo empieza a disminuir la eficiencia. Se ha demostrado mediante varios estudios que la densidad del aire disminuye con respecto al aumento de la altura, es decir cuando el vehículo funcione a una elevada altura el aire que se encuentre en el ambiente no abastecerá por completo un motor atmosférico lo cual provocará que el motor de combustión interna reduzca su eficiencia y por ende tenga un incremento de consumo de combustible y emisiones contaminantes que perjudican de manera significativa nuestra salud y la del medio ambiente (Lapuerta et al., 2006: pp. 21–30).

A lo largo del tiempo se han ido implementando en el mercado diversos compensadores de altura con la finalidad de ayudar a los motores de combustión interna reducir su ineficiencia en las condiciones anteriormente mencionadas, en la actualidad uno de los dispositivos que intenta dar solución a este problema es la válvula Ecológica Marclais que fue fabricada en Colombia por el Ing. Ricardo Aldana Monroy, esta válvula se ha ido rediseñando con el fin de mejorar su eficiencia hasta obtener la versión que hoy en día se la puede encontrar en el mercado, con el propósito de mejorar la potencia, reducir las emisiones contaminantes y por ende el consumo del combustible. Esta válvula se encuentra disponible para su comercialización en varios países de América del Sur como lo es Chile, Ecuador, Bolivia y en un país de Centroamérica como lo es Costa Rica (Marclais, 2020).

En el Ecuador todavía no existe un estudio que verifique el comportamiento de la válvula Marclais en lo que se refiere a Torque y Potencia del motor de combustión interna y su relación con la reducción de emisiones contaminantes y consumo de combustible, por lo que se vio la necesidad de realizar el análisis en una ciudad donde sobrepase los 1500 m.s.n.m. seleccionando la ciudad de Riobamba como ideal para la toma de datos.

Se realizó en total tres diferentes pruebas cada una bajo un procedimiento o norma técnica como lo es el análisis de emisiones contaminantes, el consumo de combustible y el torque y potencia, de las cuales la primera se realizó con un analizador KANE Autoplus 4-2, realizando de forma estática la prueba obteniendo las variaciones con respecto a las primeras pruebas que se las hizo sin implementar la válvula en el vehículo, de igual forma el consumo de combustible se realizó de forma dinámica al pesar el combustible antes y después de realizar la ruta establecida y finalmente el torque y potencia del vehículo que se realizó con ayuda de un dinamómetro.

Las emisiones se redujeron en lo que corresponde al CO, y consecuentemente aumentando los CO₂ y HC. El consumo de combustible aumento mínimamente al instalar la válvula en este vehículo. El torque y potencia se redujo en consideración a las primeras pruebas. También se realizó una prueba con el sensor MAP el cual se comprobó que dicha válvula varía el voltaje de salida a la ECU, corroborando que esta si está en funcionamiento y afectando al vehículo.

CAPÍTULO I:

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

La presión y temperatura atmosférica en cada ciudad siempre será distinta, muchos motores atmosféricos de combustión interna se ven afectados por la altura en la que se encuentran funcionando debido a la menor densidad de oxígeno que provoca que no se aproveche en su totalidad la combustión y por ende se produzca un aumento de emisiones contaminantes. En lo que se refiere a emisiones contaminantes en los motores de encendido provocado el mayor problema que se encuentra son los hidrocarburos no combustionados, los monóxidos de carbono y los dióxidos de carbono que provocan daños severos en la salud de las personas y cambios significativos en el entorno o medio ambiente. La altitud afecta de manera significativa la relación estequiométrica aire combustible ya que obliga al motor a cambiar los parámetros de presión atmosférica, temperatura de aire de entrada y humedad de modo que en cierto punto la mezcla rica y pobre no tendrá correlación con lo que los fabricantes obtuvieron al realizar sus test (Arroyo et al. 2020: pp. 148–162).

Al incorporar la válvula ecológica Marclais en vehículos que se encuentren sobre los 1500 m.s.n.m. se busca verificar el comportamiento del motor en cuanto a potencia, torque y emisiones contaminantes y validar sus prestaciones en Ecuador ya que es un dispositivo desconocido por muchos dueños del país, pero accesible a la economía del estos.

Se comprobará que la válvula según los datos del fabricante ahorre combustible entre un 10 a 20% de gasolina esto en vehículos de inyección electrónica, también tener que pisar menos el acelerador entre un 3 a 5% en cuestión de la potencia y reducir emisiones de hidrocarburos entre un 10 a 30% , el monóxido de carbono entre un 5 a 20% y el dióxido de carbono entre un 5 a 10% (Marclais, 2020).

1.2. Limitaciones y delimitaciones

La normativa NTE INEN 2204 es la encargada de controlar los límites permitidos de emisiones contaminantes que producen los vehículos de combustión interna a gasolina en la cual establece que un motor a relantí en una prueba estática a alturas de entre 1500 a 3000 m.s.n.m. el %CO no debe sobrepasar el 1.0% y tampoco las 200 ppm de HC, esto en modelos de vehículos posteriores al 2000 (NTE INEN 2204, 2017, p.4)

El análisis tanto del torque, potencia y emisiones contaminantes se realizara en un vehículo hatchback de 1400 cc a gasolina del año 2011 de la marca Hyundai modelo Getz, ya que el Ecuador al poseer un parque automotor medianamente pequeño siendo en su mayoría vehículos

particulares y al ya conocer un estudio de emisiones en un vehículo Chevrolet que es la marca dominante en el país se optó por hacer el estudio en la segunda marca dominante como lo es Hyundai de tal manera que se seleccionó el modelo Getz por su motor 1400 cc, que es un promedio entre las cilindradas de vehículos que se encuentran funcionando en el país (AEADE 2021: pp. 80-127).

Para el análisis se utilizará la válvula Ecológica Marclais ya que es una válvula desconocida por muchos dueños de vehículos y mecánicos, pero no es más que un compensador de altura universal de ajuste automático, fácil de instalar en un cualquier vehículo sin importar el cilindraje y se encuentra disponible en el mercado ecuatoriano a un costo accesible (USD 140). Las pruebas tanto de torque, potencia, emisiones contaminantes y consumo de combustible con y sin válvula se las realizarán con un mismo equipo de análisis bajo las mismas condiciones climáticas y a una hora específica, con el mismo modelo de dinamómetro para obtener resultados obtenidos fiables.

1.3. Problema general de Investigación

¿Se reducirán las emisiones contaminantes, el consumo de combustible y se mejorará la potencia del motor del Hyundai Getz al implementar la válvula Ecológica Marclais?

1.4. Problemas específicos de investigación

¿Cuál es el principio de funcionamiento de una válvula Marclais en el vehículo de combustión interna a gasolina?

¿Cómo afecta la altitud en el funcionamiento del motor de combustión interna de un vehículo?

¿De qué manera se debe instalar una válvula Marclais en un vehículo a gasolina?

¿La válvula Ecológica Marclais reduce el consumo de combustible sin desfavorecer el torque y potencia del motor de combustión interna del vehículo?

¿La implementación de la válvula Marclais permite que actúe como un compensador de altura permitiendo una mejoría en el rendimiento del motor?

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Analizar la variación de las emisiones contaminantes, consumo de combustible, torque y potencia, al implementar la válvula Marclais en un vehículo Hyundai Getz.

1.5.2. Objetivos específicos

- Establecer la caracterización de la Válvula Ecológica Marclais para identificarse el principio de funcionamiento desde los principios físicos y matemáticos.
- Obtener referencias bibliográficas referentes a la afectación de la altura sobre el nivel del mar sobre el torque, potencia y emisiones contaminantes.
- Implementar la válvula ecológica Marclais considerando la reglamentación del fabricante y consideraciones técnicas.
- Realizar pruebas de torque, potencia, consumo de combustible y emisiones contaminantes antes y después de la implementación de la válvula Marclais.
- Analizar los datos obtenidos de las pruebas mediante un análisis estadístico para confirmar la variación de las variables dependientes.

1.6. Justificación

1.6.1. Justificación teórica

Los vehículos de combustión interna que usan gasolina para su funcionamiento emiten diariamente una alarmante cantidad de emisiones contaminantes. Este tipo de contaminación del aire afecta a la salud de todos los seres humanos siendo las enfermedades respiratorias uno de los casos más notorios de este problema (Pérez, 2017, p.34).

Al implementar nuevas tecnologías o aditamentos en vehículos de combustión interna se espera como resultado obtener un mejor rendimiento del motor, esto empieza desde la implementación de un simple aditivo para reducir la fricción y desgaste en el motor hasta incluir nuevos dispositivos de mando adicionales que existen en el mercado, también, existen varios métodos que se ofrecen en el mercado hoy en día y aunque la mayoría no tiene una investigación propiamente realizada, estos han ido tomando fuerza en la sociedad, en busca del incremento de la potencia, una de estas soluciones para mejorar el performance del motor es la llamada Válvula Ecológica Marclais o también conocida como compensador de altura Marclais, que tiene como objetivo la disminución del uso adicional de gasolina, además de mejorar la respuesta al pisar el acelerador en un 5%, y ecológicamente reducir las emisión de monóxido de carbono e hidrocarburos al ambiente (Marclais, 2020).

Este tipo de válvula es de fácil instalación en cualquier vehículo, va colocada en la parte superior del motor con conexión al múltiple de admisión y cuenta con una calibración

automática dependiendo la altura que se encuentre el vehículo en funcionamiento. Esta válvula se encuentra en el mercado ecuatoriano a un costo accesible para todo dueño de un vehículo de combustión interna que desee mejorar el rendimiento de su motor (Marclais, 2020).

1.6.2. Justificación metodológica

Al implementar la válvula ecológica Marclais se busca reducir la contaminación de una ciudad de una manera sencilla y accesible para todos los propietarios de vehículos de combustión interna a gasolina que se encuentran funcionando a alturas de más de 1500 m.s.n.m. que es en donde la densidad del aire es reducida y por ende los motores no combustionan todo el combustible inyectado produciendo así las emisiones contaminantes que son expulsados al ambiente (Marclais, 2020).

Para el desarrollo del proyecto de investigación se usará el Método hipotético-deductivo ya que este método se basa en un procedimiento que inicia de una aseveración hipotética y tiene como objetivo rebatir u objetar dicha hipótesis, obteniendo así conclusiones que deben verificarse con los hechos. También se incluirá el método experimental ya que al realizar las pruebas tanto de emisiones contaminantes, consumo de combustible, torque y potencia con los diversos factores que afectan a los vehículos en la ciudad, el resultado obtenido será más fiable que al realizar este análisis con cálculos, mejorando la confiabilidad de la investigación.

1.6.3. Justificación práctica

El funcionamiento de esta válvula permitirá compensar la cantidad de aire que se necesita para tener una mejor combustión en el motor, mejorando la relación de aire/combustible de tal manera de tener una mezcla estequiométrica el mayor tiempo posible a diferentes altitudes lo que traerá consigo un ahorro de combustible, menos contaminación y un mejor performance del motor de los vehículos de la ciudad de Riobamba, permitiendo obtener un aire menos contaminado para los ciudadanos de esta ciudad (Montúfar et al. 2020: pp. 254–270).

En el Ecuador existen diversas marcas de vehículos, pero para realizar este estudio se tomó una de las marcas que cuenta con más unidades en el mercado, como lo es la marca surcoreana Hyundai, específicamente el modelo Getz del año 2011 ya que se encuentra en un rango aceptable de edad de fabricación y cuenta con un motor de 1400 cc que todavía no ha sido puesto a análisis en la ciudad de Riobamba (AEADE, 2021: pp. 80-127)).

1.7. Hipótesis

Hipótesis: La válvula ecológica Marclais reducirá las emisiones contaminantes y el consumo de combustible y mejorará la potencia del vehículo.

Hipótesis Nula: La válvula ecológica Marclais no reducirá las emisiones contaminantes y el consumo de combustible y no mejorará la potencia del vehículo.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

En el 2016 se realizó un estudio comparativo de emisiones contaminantes usando un vehículo de la marca Chevrolet Sail utilizando gasolina de la comunidad Andina. Para ello se tomó datos tanto de CO, HC en 4 países andinos como lo son: Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú (Antamba et al. 2016: pp. 110–119).

La prueba estática de %CO se la realizó a 2800 m.s.n.m. a un régimen de 820 rpm (relantí), dando como resultado que el combustible ecuatoriano genera un 0.13% siendo este el mayor y el combustible peruano el menor con un porcentaje de 0.08% (Antamba et al. 2016: pp. 110–119).

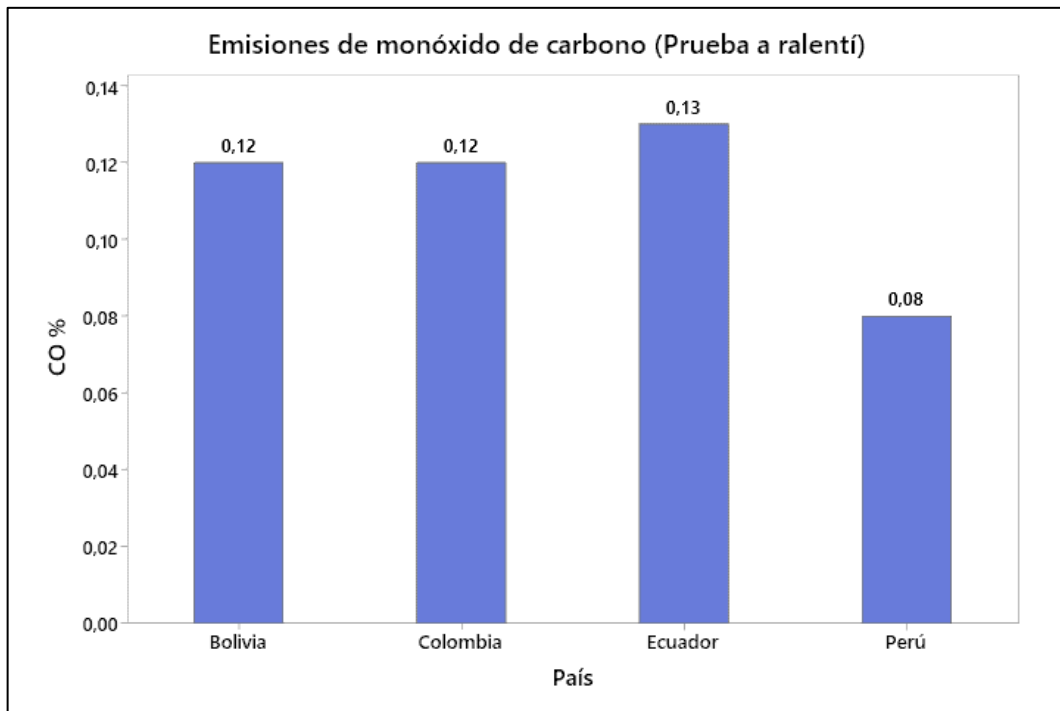


Ilustración 1-2: Emisiones de monóxido de carbono a ralentí.

Fuente: Antamba et al. 2016

Realizado por: Lluglla, Jonathan, 2022

Cuando se realizó la prueba a 2500 rpm el %CO dio como resultado que Colombia generó un porcentaje de 0.18% siendo el más alto de los demás países y Perú el más bajo con un porcentaje de 0.09% (Antamba et al. 2016: pp. 110–119).

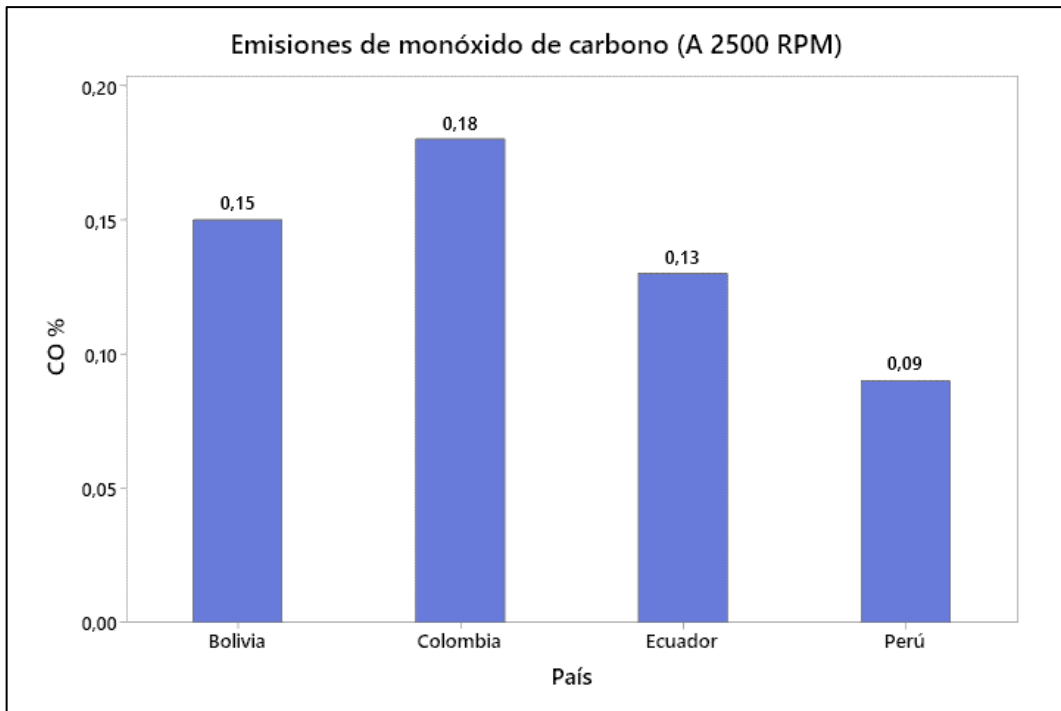


Ilustración 2-2: Emisiones de monóxido de carbono (a 2500 RPM)

Fuente: Antamba et al. 2016

Realizado por: Lluglla, Jonathan, 2022

En los resultados de los Hidrocarburos (HC) se obtuvo que a 820 rpm (a relantí) Bolivia obtuvo el mayor valor de HC con 63.5 ppm mientras que Colombia el menor con un 41.4 ppm (Antamba et al. 2016: pp. 110–119).

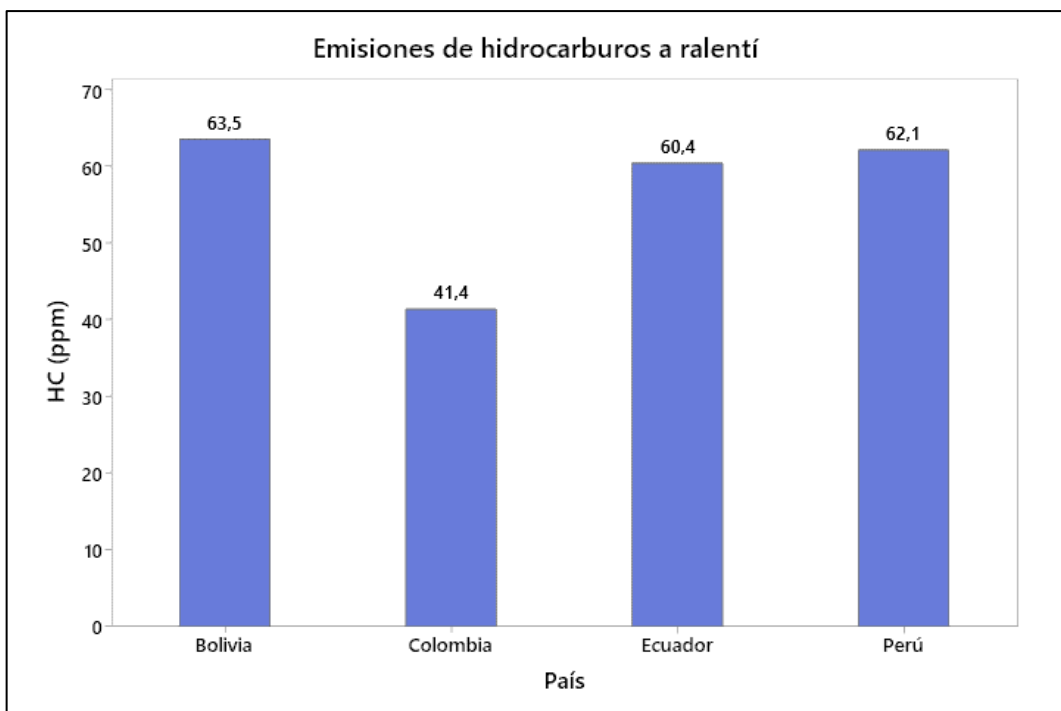


Ilustración 3-2: Emisiones de hidrocarburos a relantí

Fuente: Antamba et al. 2016

Realizado por: Lluglla, Jonathan, 2022

Mientras que a 2500 rpm Bolivia obtuvo un valor de 41.2 ppm siendo este el más alto y Perú la más baja con un valor de 35.3 ppm (Antamba et al. 2016: pp. 110–119).

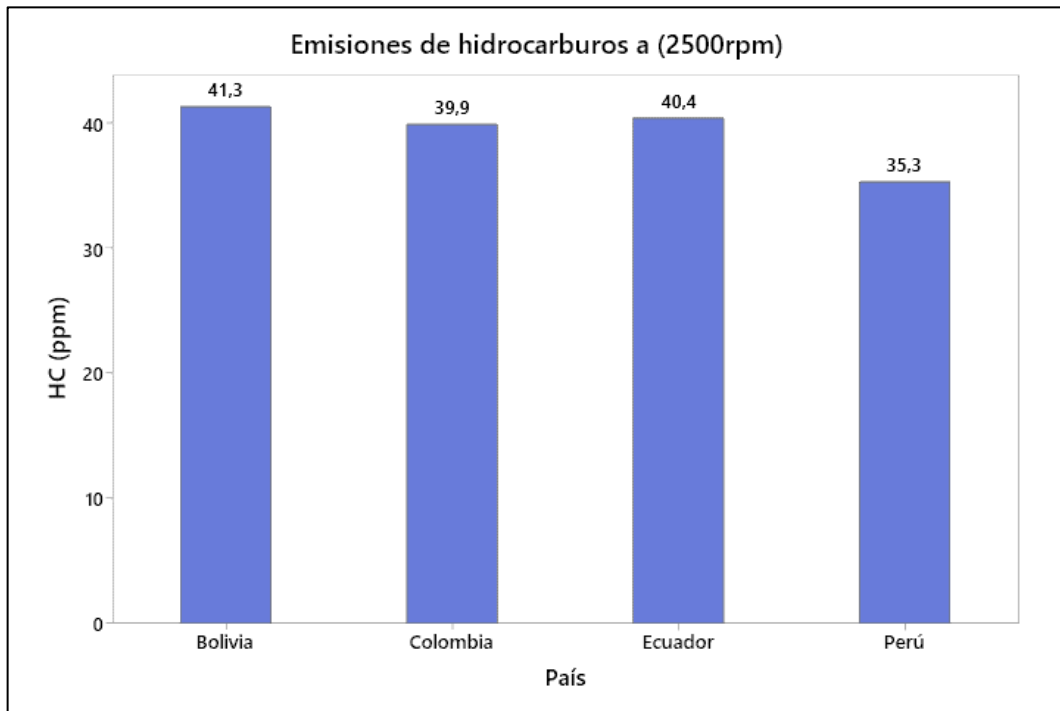


Ilustración 4-2: Emisiones de hidrocarburos a 2500 RPM

Fuente: Antamba et al. 2016

Realizado por: Lluglla, Jonathan, 2022

En el 2020 se realizó el estudio del efecto de la altitud sobre las emisiones de gases de escape de MCI con encendido provocado. Este estudio se realizó con dos cotas de altitud, en el cual se pudo observar que el combustible tuvo mayor significancia en las emisiones de Monóxido de Carbono e Hidrocarburos, mientras que las rpm y la altura afecto a la emisión de Dióxido de Carbono, hay que recalcar que este estudio se lo realizó en un vehículo de la marca Kia modelo Rio de 1400 cc (Arroyo et al. 2020: pp. 148–162).

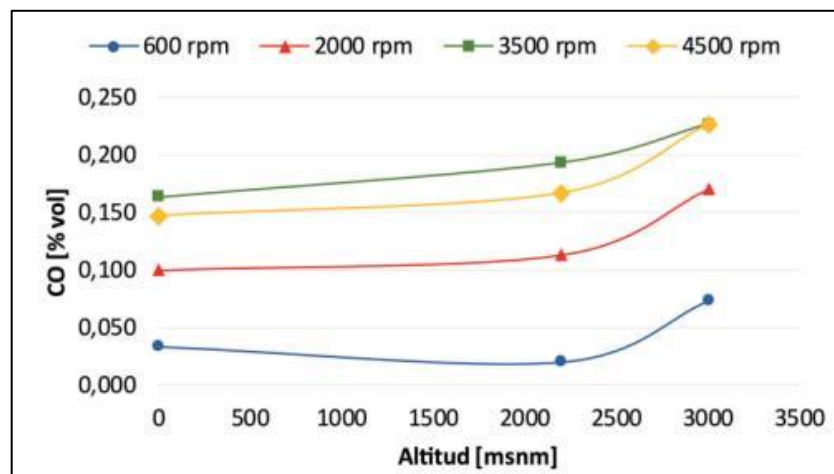


Ilustración 5-2: Emisiones de monóxido de carbono a diferentes altitudes

Fuente: Arroyo et al. 2020.

Los resultados del monóxido de carbono a 3500 rpm debido a que empieza a funcionar los sistemas EGR, EVAP y PVC, los resultados fueron los siguientes (Arroyo et al. 2020: pp. 148–162):

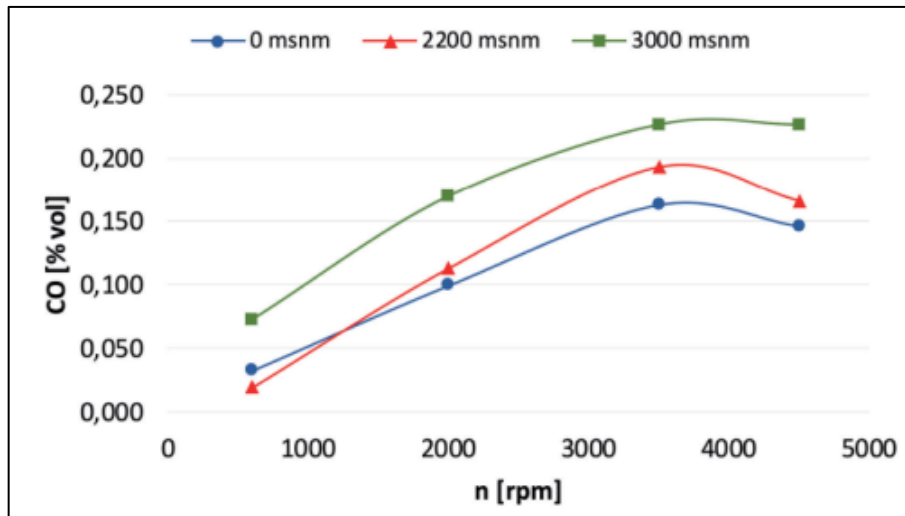


Ilustración 6-2: Emisiones de monóxido de carbono a diferentes RPM

Fuente: Arroyo et al. 2020.

La presión atmosférica es la que más influye en la emisión de gases de Dióxido de Carbono en la cual a diferentes altitudes se pudo observar los siguientes resultados (Arroyo et al. 2020: pp. 148–162):

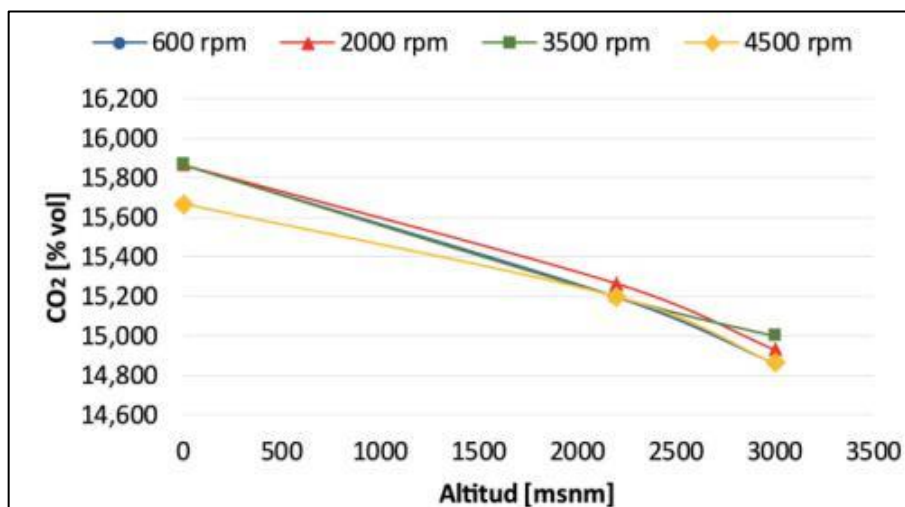


Ilustración 7-2: Emisiones de dióxido de carbono a diferentes altitudes

Fuente: Arroyo et al. 2020.

En cambio, al aumentar las rpm del motor se pudo observar que no es un factor primordial en la expulsión de Dióxido de Carbono (Arroyo et al. 2020: pp. 148–162).

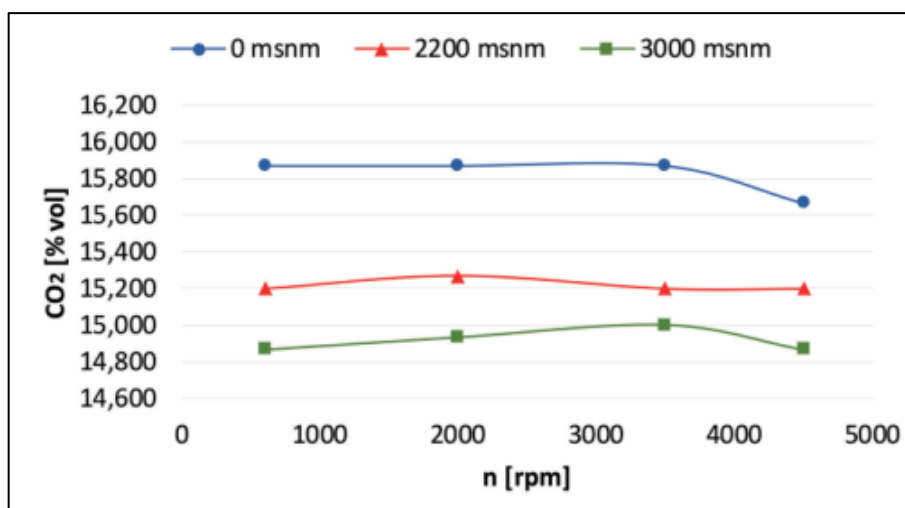


Ilustración 8-2: Emisiones de Dióxido de carbono a diferentes RPM

Fuente: Arroyo et al. 2020.

En el 2010 se realizó la evaluación de la válvula Ecológica Marclais en la ciudad de Antioquia en Colombia, utilizando un vehículo de la marca Renault del modelo Twingo de 1100 cc, con el cual se procedió a realizar pruebas tanto dinamométricas como de gases contaminantes y del consumo de combustible. En la prueba de emisiones, de consumo, de torque y potencia se observó que no se realizaron variaciones en las mediciones debido a que en relanfí la válvula no va actuar, sin embargo al realizar las pruebas de 2000 a 4000 rpm se observó la disminución de consumo y emisiones que se puede apreciar a continuación (GIMEL, 2010):

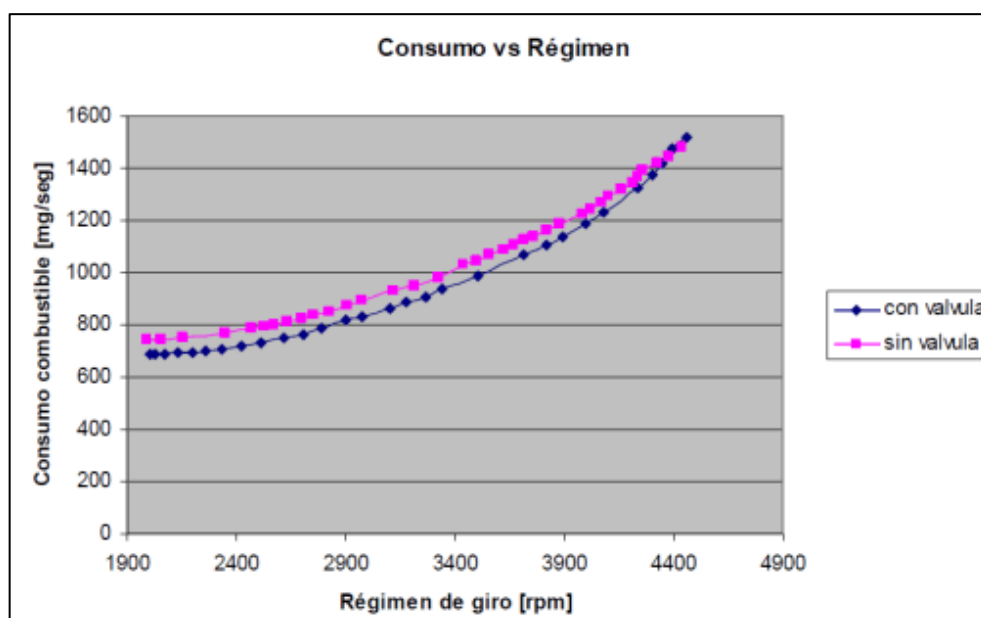


Ilustración 9-2: Consumo de combustible a diferentes RPM

Fuente: GIMEL, 2010

En la siguiente gráfica se puede observar los resultados de la prueba de 2000 a 4000 rpm a 50Nm (GIMEL, 2010).

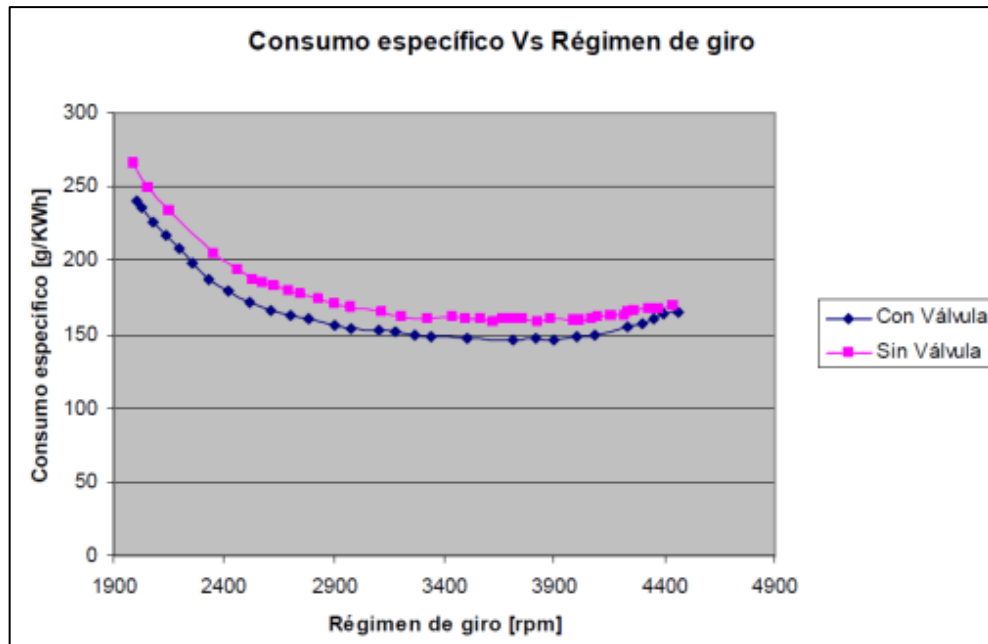


Ilustración 10-2: Consumo específico a diferentes RPM

Fuente: GIMEL, 2010

Los tiempos de respuesta del motor de combustión interna al implementar la válvula fueron los siguientes (GIMEL, 2010):

Tabla 1-2: Tiempos de respuesta de un MCI con la válvula Marclais

Velocidad [rpm]		Tiempo de respuesta [ms]		% diferencia
Velocidad inicial	Velocidad Final	Con válvula	Sin Válvula	
4000	4500	600	1000	40%
3500	4000	400	800	50%

Fuente: GIMEL, 2010

2.2. Referencias teóricas

2.2.1. Emisiones de escape

Una emisión es provocada por una fuente móvil, la cual expulsa una descarga de una o varias sustancias que se pueden encontrar en estado sólido, líquido, gaseoso o combinadas, al aire, por su sistema de escape (NTE INEN 2204, 2017).

El aumento de vehículos con motor de combustión interna ha provocado una nueva contaminación atmosférica, la cual la podemos encontrar presente en el ambiente debido a hidrocarburos (HC) que no se queman por completo o son parcialmente quemados, o a su vez los óxidos de nitrógeno (NO_x), ambos producidos por una combustión incompleta y repercutidos por la luz solar. A medida que la mezcla de aire-combustible eleve su valor la contaminación que produzca el automotor será mucho mayor (Payri y Desantes 2011, pp. 416-443).

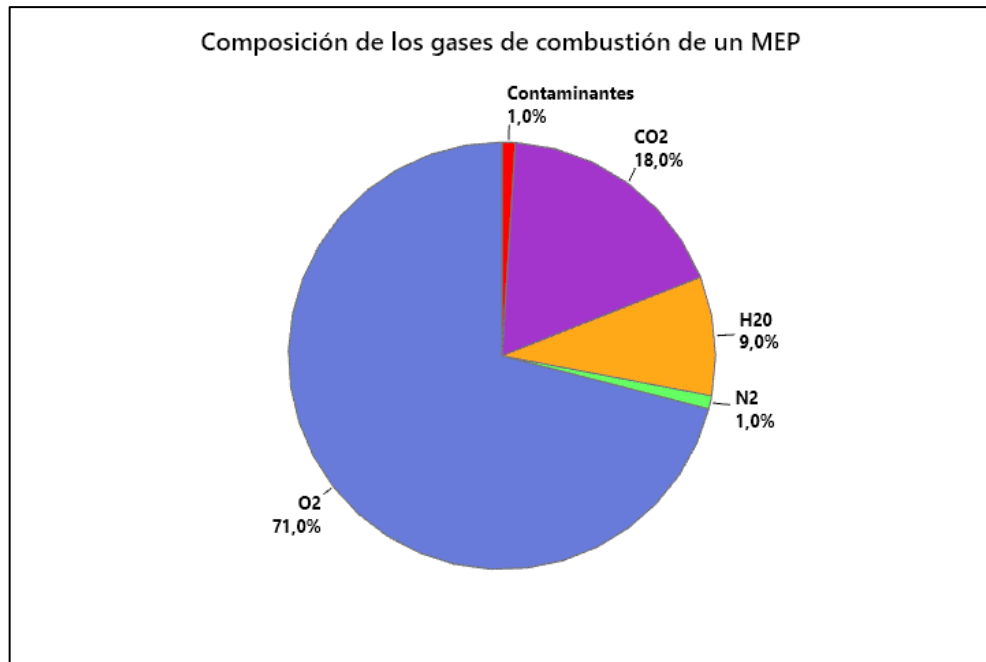


Ilustración 11-2: Composición de los gases de combustión de un MEP

Fuente: Payri y Desantes 2011

Realizado por: Lluglla Jonathan, 2022.

2.2.1.1. Sistema de recirculación de gases de escape

Debido a las emisiones contaminantes que producen los vehículos muchos fabricantes han optado por implementar en sus vehículos sistemas que ayuden a mitigar este problema y uno de estos y el más utilizado es el sistema de recirculación de gases de escape (EGR) que se encarga de tomar una parte de los gases del conducto de escape y llevarlos al múltiple de admisión, con el fin de reducir los óxidos de nitrógeno (NO_x), al disminuir el oxígeno en la admisión de tal manera que la temperatura en la combustión sea menor y no aumente la carbonilla en los gases de escape (Torres y Medina, 2017, pp. 26-28).

Para la construcción de motores de sistemas de combustión interna, muchas de las marcas de vehículos toman como un factor imprescindible el control de las emisiones contaminantes, siendo los contaminantes más importantes (Payri y Desantes 2011, pp. 416-443):

- Hidrocarburos (HC)
- Óxidos de nitrógeno (NO_x)
- Monóxido de Carbono (CO)
- Óxidos de Azufre (SO_x)
- Dióxido de Carbono (CO₂)

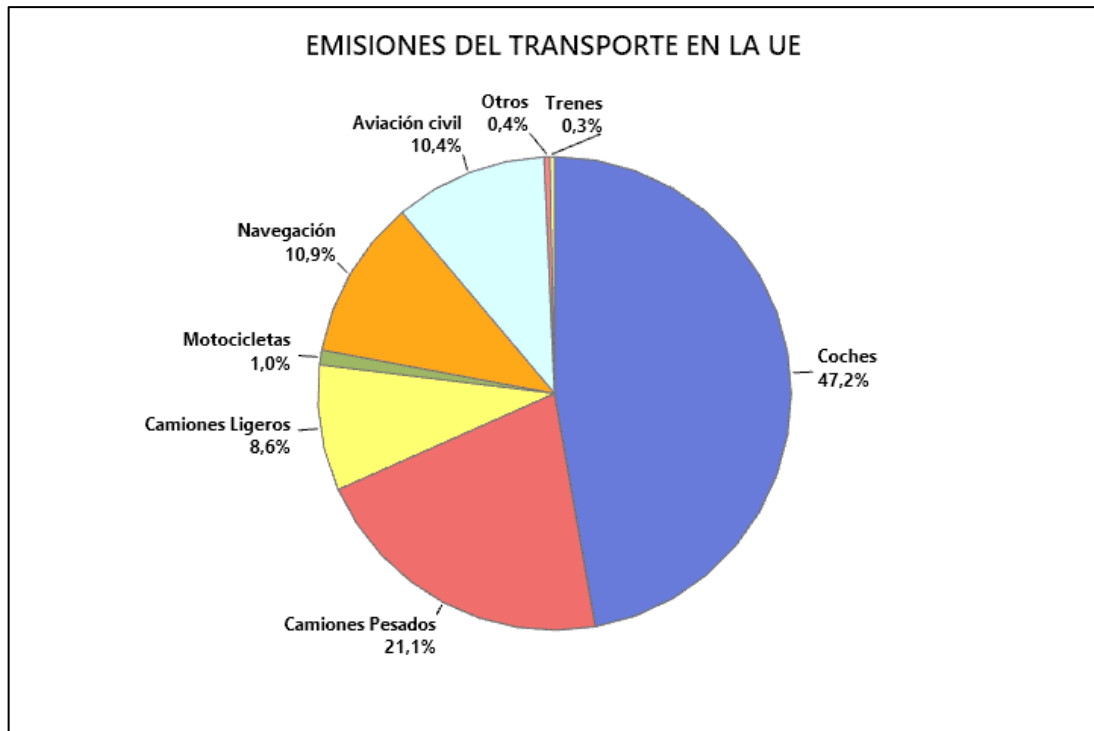


Ilustración 12-2: Composición de los gases de combustión de un MEP

Fuente: European Environment Agency, 2022

Realizado por: Lluglla Jonathan, 2022

2.2.1.2. *Dióxido de carbono (CO₂)*

El CO₂ es uno de los gases contaminantes que expulsa un vehículo de combustión interna y aunque no es tóxico, este gas interviene en la propagación del efecto invernadero a grandes cantidades. Entre sus características se puede mencionar que este gas es inodoro e incoloro, y debido a que es más pesado que el aire, este suplanta al oxígeno encontrado en el ambiente (Flórez y Agramunt, 2005, pp. 337-345).

2.2.1.3. *Monóxido de carbono (CO)*

En Motores de Encendido Provocado (MEP) la formación del monóxido de carbono se produce por la separación de las moléculas del Dióxido de Carbono, este proceso se da a una temperatura de combustión de aproximadamente de 200 K (Payri, Desantes 2011).

Este gas es generado por combustiones incompletas de un motor de combustión interna. Tiene la característica de ser inodoro e incoloro lo que, al estar en contacto con el ser humano, le provoca una disminución en la oxigenación de la sangre y una insuficiencia cardiaca. Si una persona inhala este gas durante 30 min en un 0.3% de volumen en el aire, se vuelve mortal (Flórez y Agramunt, 2005, pp. 337-345).

2.2.1.4. *Óxidos de nitrógeno (NOx)*

Los motores de combustión interna de los vehículos expulsan generalmente el óxido nítrico (NO), no obstante, se denomina NOx a los gases NO y NO2. Los NOx son referidos a los principales causantes de la lluvia ácida y el smog fotoquímico. Este gas tiene la característica de ser de color marrón rojizo y de presentar un olor permanente, lo cual puede causar irritación en los pulmones y disminuir la resistencia a enfermedades infecciosas, cuando su nivel se eleva por encima de los 600 mg/m³ (Payri y Desantes 2011, pp. 416-443).

Gracias a la reacción que se produce entre el O₂ y el Nitrógeno que se encuentran en el aire permiten al motor que descienda su nivel de temperatura, sin embargo para el ser humano este tipo de gas le produce dolor de cabeza, tos y problemas respiratorios (Flórez y Agramunt, 2005, pp. 337-345).

2.2.1.5. *Hidrocarburos (HC)*

Estos gases son expulsados por una combustión incompleta, se pueden identificar como PAH Y NPAH. Los PAH son los presentes en los motores de combustión de encendido provocado ya que los HC se forman por la gasolina sin plomo. Estos gases son sospechosos de ser cancerígenos (Flórez y Agramunt, 2005, pp. 337-345).

2.2.1.6. *Partículas*

Una partícula es cualquier materia que se encuentra en los gases de escape y puede ser encontrada en estado líquido o sólido. (Payri y Desantes 2011, pp. 416-443).

Estos gases están conformados por partículas de carbono e hidrocarburos y son tratados como posibles cancerígenos para el ser humano (Flórez y Agramunt, 2005, pp. 337-345).

2.2.1.7. *Óxidos de azufre (SO₂)*

Son provocados por la combustión de combustibles sólidos y se forman a partir de la unión de moléculas de azufre y oxígeno. Es un gas que a elevadas cantidades provoca irritaciones, problemas respiratorios y ayuda a la formación del smog y la lluvia ácida (Flórez y Agramunt, 2005, pp. 337-345).

2.2.2. *Norma NTE INEN 2203*

El Servicio Ecuatoriano de Normalización INEN según su normativa 2203: 2000 define la gestión ambiental del aire para vehículos automotores, el cual permite determinar la cantidad de emisiones de gases de escape en condiciones de relantí mediante una prueba estática. Para la cual su ensayo consiste en la lectura de los gases contaminantes que se capta a través de una luz infrarroja para la determinación de HC, CO Y CO₂ a condiciones mínimas de marcha o como se lo denomina a relantí (NTE INEN 2 203:2000, 2000 :pp. 1-3).

2.2.3. Norma NTE INEN 2204

El Servicio Ecuatoriano de Normalización INEN según su normativa 2204:2017 define la gestión ambiental del aire para vehículos automotores, el cual define los límites permitidos de emisiones de gases contaminantes producidas por fuentes móviles terrestres que empelan gasolina. Estos límites variarán según el tipo de prueba que se realice ya se estática o dinámica. En este caso se tomará como límites máximos los realizados en la prueba estática a relantí (NTE INEN 2204, 2017).

Tabla 2-2: Límites máximos de emisiones permitidos a relantí según NTE INEN 2204:2017

Año modelo	% COa		ppm HCa	
	0 – 1500 b	1500 – 3000b	0 – 1500 b	1500 – 3000b
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

a Volumen
b Altitud = metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m)

Fuente: NTE INEN 2204, 2017

Realizado por: Lluglla Jonathan, 2022

2.2.4. Par motor o torque de un MCI

El torque es la capacidad de un motor para desplazar un vehículo. Es producido en la cámara de combustión al realizar la mezcla de aire combustible, se genera una presión que a su vez produce una fuerza sobre el pistón el cual tiene un movimiento lineal y en el cigüeñal se lo transforma a rotacional el cual posteriormente se lo envía a las ruedas (Padilla et al. 2021, pp. 1482–1499).

El torque de un motor de combustión interna es provocado al instante en el que la bujía enciende la mezcla de combustible, la cual producirá una fuerza sobre el pistón y se transformará en movimiento angular en el cigüeñal. Por ende, el par motor es una fuerza la cual generará rotación (Fonseca et al. 2022, pp. 1735–1759).

El denominado torque o par motor es el producto de una fuerza generada en la parte superior del pistón específicamente en la cabeza del mismo y el radio de la manivela, en el caso de un motor

de combustión interna. En términos generales es la multiplicación de una fuerza por una distancia (CARGUA y CASTELO, 2017, pp. 3-15).

2.2.5. *Potencia de un MCI*

La potencia se define como el número de veces que está a disposición el torque de un motor en un determina tiempo, es decir que mientras se disponga de este fenómeno en menos tiempo, mayor potencia se obtendrá del motor (Padilla et al. 2021, pp. 1482–1499).

La potencia es el resultado de un trabajo en un determinado tiempo, se puede expresar en caballos de Fuerza (HP) en motores de combustión interna y en Kilovatios (KW) para motores eléctricos (Fonseca et al. 2022, pp. 1735–1759).

La potencia de un motor se genera por un trabajo en cierta unidad de tiempo (CARGUA y CASTELO, 2017, pp. 3-15).

2.2.6. *Métodos de obtención de torque y potencia en MCI*

Existen dos formas de obtención del torque y potencia de los motores, estos se clasifican en métodos directos e indirectos. Los métodos de obtención indirecta debido a la precisión de calculo que se realiza se han vuelto más fiables sin embargo los métodos directos son más precisos.

2.2.7. *Método directo de frenos de fricción*

Actualmente ya no es utilizado, consistía en un árbol de transmisión el cual su funcionamiento era a través de un eje que se encontraba a un extremo y que posteriormente era arrastrado, terminando en el otro extremo con un rotor el cual va a estar con frenos de tipo zapatas.

Cuando un motor gira a ciertas rpm, los frenos de zapatas se acercan al rotor generando una fuerza de fricción dando como resultado una fuerza de equilibrio en el sistema la cual al multiplicar por la longitud de la barra ya conocida generará un momento o par del motor (CARGUA y CASTELO, 2017, pp. 3-15).

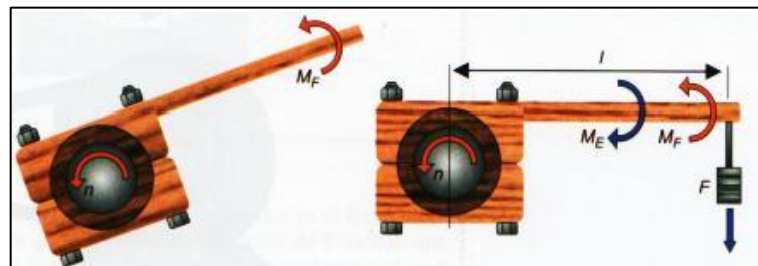


Ilustración 13-2: Esquema Funcionamiento del freno de fricción

Fuente: CARGUA, CASTELO, 2017

2.2.8. Método de freno hidráulico

Es una evolución del freno de fricción con la diferencia de que en vez de usar los frenos con zapatas este método utiliza como medio de fricción el agua. Su funcionamiento se basa en conductos de agua que ingresan en el estator hacia el rotor produciendo fricción en su interior y saliendo el agua a una temperatura aumentada (CARGUA y CASTELO, 2017, pp. 3-15).

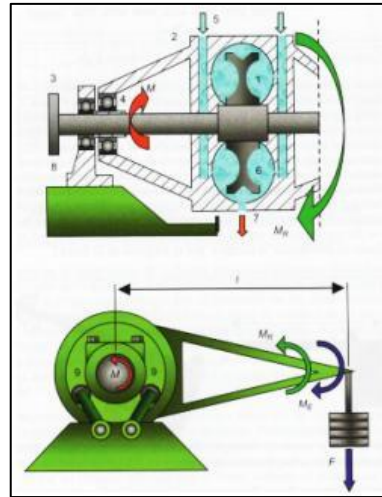


Ilustración 14-2: Funcionamiento de un freno hidráulico
Fuente: CARGUA, CASTELO, 2017

2.2.9. Por dinamómetro de chasis

Unos de los métodos de obtención de torque y potencia sin tener que desmontar el motor del vehículo es el denominado método a través de un dinamómetro, el cual consiste en montar el vehículo en rodillos que se van a encontrar en funcionamiento junto a motores eléctricos y según el software que presente el dinamómetro se obtendrá los diferentes datos al poner en marcha el motor del vehículo (CARGUA y CASTELO, 2017, pp. 3-15).

Este es el método por el cual se obtendrá los valores de torque y potencia en el siguiente estudio.



Ilustración 15-2: Dinamómetro DC5000-FX

Fuente: DYNOCOM, 2021.

2.2.10. Método de aceleración libre

Este método es indirecto ya que utiliza la aceleración angular (α) multiplicado con el momento de inercia (I) para obtener el momento angular (M) que posteriormente se lo multiplicará con la velocidad angular (ω) obteniendo así la potencia del motor (CARGUA y CASTELO, 2017, pp. 3-15).

La obtención de este método se basa en el principio de las siguientes ecuaciones las cuales se explicó anteriormente (CARGUA y CASTELO, 2017, pp. 3-15):

$$M = I * \alpha \quad \text{Ecuación 1-2}$$

$$P = M * \omega \quad \text{Ecuación 2-1}$$

Para determinar la potencia efectiva por este método se utiliza la siguiente expresión:

$$P_e = I * \alpha * \omega \quad \text{Ecuación 3-2}$$

Un parámetro que no es entregado por muchos fabricantes es el momento de inercia del motor, por lo cual para obtener este, se debe poner en marcha el motor a un régimen específico y quitarle el salto de chispa de encendido de golpe, dando como resultado una desaceleración angular constante (Correa y Lema, 2017, pp. 1-12).

$$T_{pm} = I * \omega_1 \quad \text{Ecuación 4-2}$$

Donde:

T_{pm} : Torque de pérdidas mecánicas (Nm)

ω_1 : Tasa de desaceleración en la condición 1 (rad/s²)

Para determinar la velocidad angular del motor se la puede hacer mediante la obtención de la frecuencia instantánea con la ayuda del sensor CKP que se lo encuentra en el motor vehículo, conociendo así la velocidad angular. No incluye el tipo de sensor CKP con el que cuente el vehículo es decir puede ser de tipo inductivo o de efecto Hall ya que ambos tienen la misma funcionalidad que es la de sensor el paso de los dientes de la rueda fónica que se encuentra en el cigüeñal. La frecuencia instantánea se la obtiene a partir del número de dientes con la que cuenta la rueda fónica y la señal de paso que entregará el sensor (Correa y Lema, 2017, pp. 1-12).

Para obtener dicha frecuencia se emplea la siguiente expresión:

$$F = \frac{n}{seg} \quad \text{Ecuación 5-2}$$

Donde:

F: Frecuencia (Hz)

n: El número de dientes que pasan frente al sensor

Para obtener el valor de la velocidad angular del motor relacionando con la expresión de la frecuencia anteriormente mencionada se empleará la siguiente expresión (Correa y Lema, 2017, pp. 1-12):

$$\omega = \frac{F}{N} \quad \text{Ecuación 6-2}$$

Donde:

N: Es el número de dientes con los que cuenta la rueda fónica

Finalmente, para determinar la aceleración angular del motor se debe obtener una frecuencia del giro del motor en instantes determinados de tiempo. La aceleración es la derivada de la velocidad angular por ende se la puede determinar con la siguiente expresión (C):

$$\alpha = \frac{\omega_2 - \omega_1}{t_2 - t_1} \quad \text{Ecuación 7-2}$$

Donde:

ω_2 : Velocidad angular en el instante 2 (rad/s²)

ω_1 : Velocidad angular en el instante 1 (rad/s²)

t_2 : Instante 2 (s)

t_1 : Instante 1 (s)

2.2.11. Válvula Ecológica Marclais

También denominado Compensador Altimétrico Marclais es un dispositivo universal mecánico el cual tiene la función de compensar los efectos que provoca la altitud en los motores de

combustión interna y no depende del cilindraje del vehículo ni del combustible que utilice.(Marclais, 2020).



Ilustración 16-2: Válvula Ecológica Marclais

Fuente: Marclais, 2020

2.2.11.1. *Principio de funcionamiento*

Este tipo de válvula tiene un émbolo móvil conectado a un muelle en su interior, la cual se acciona al pisar el acelerador debido al vacío que se genera en el múltiple de admisión, generando que el émbolo se mueva permitiendo el paso de aire (Marclais, 2020).

2.2.11.2. *Ficha técnica de la válvula Marclais*

Nombre Comercial / Nombre Técnico	Válvula Ecológica Marclais (Compensador de Altura)
País de Origen	Colombia
Modelo	M-3000 para motores a Gasolina M-3500 para motores Diésel
Composición	Aluminio Estructural, Acero Inoxidable y Espuma de poliuretano
Mantenimiento	Lavar cada 20.000 km o antes si se transita por caminos destapados
Caudal de Aire	20 a 50 lt/min (Máx. 80 lt/min)
Instalación	En el colector de admisión
Alimentación	Se aplica en MCI con: <ul style="list-style-type: none"> • Inyección mono punto y multipunto • Inyección a Diésel convencional y electrónica • Inyección con turbo alimentación

Tabla 3-2: Ficha técnica de la válvula Marclais

Fuente: Marclais, 2020

Realizado por: Lluglla Jonathan, 2022

2.2.11.3. *Características técnicas de la válvula Marclais*

Tabla 4-2: Característica técnicas de la válvula Marclais

Ahorro de gasolina	10 a 18% vehículos con carburador 15 a 20% vehículos de inyección electrónica.
Recupera potencia:	3 a 5% hay q pisar menos el acelerador.
Reduce emisiones de:	HC Hidrocarburos 10 - 30%, CO Monóxido de carbono 5-20%, NOx Óxidos de nitrógeno 5-15%
Disminuye "cascabeleo" del motor	Vehículos con sensor de oxígeno.

Fuente: Marclais, 2020

Realizado por: Lluglla Jonathan, 2022

2.2.12. Sensor MAP

El sensor de presión absoluta de la admisión o también conocido como MAP es un sensor de tipo piezoresistivo que usa para su funcionamiento la configuración del puente de Wheatstone, el cual detecta la presión del aire en la admisión y la transforma a una señal eléctrica que se la envía a la ECU para que controle la mezcla aire combustible (Jachero,2016, pp. 6-9).

En ciertos vehículos al sensor MAP le incluyen un sensor de temperatura de aire de tipo NTC, con la finalidad de ya no detectar solo la presión con la que entra el aire a la admisión, sino que también a que temperatura (Jachero,2016, pp. 6-9).

Tabla 5-2: Información técnica del sensor MAP

Tensión de alimentación	5 V +/- 0.5
Rango de Temperatura	-20 a 120 °C
Temperaturas máx. y mín.	-40 a 140 °C
Tiempo de respuesta	1.5 ms
Presión máx.	700 KPa

Fuente: Jachero,2016, pp. 6-9

Realizado por: Lluglla Jonathan, 2022



Ilustración 17-2: Sensor MAP

Fuente: Jachero,2016, pp. 6-9.

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo se presentará el desarrollo de las ensayos experimentales para evaluar el torque, potencia, emisiones contaminates y consumo de combustible de un motor de combustión interna de encendido provocado, implementado la válvula ecológica Marclais. Para lo cual se realizará 3 ensayos experimentales de torque y potencia, 3 ensayos de análisis de consumo de combustible y 3 ensayos de emisiones contaminates, tomando en cuenta que estos ensayos se realizarán antes y después de implementar la válvula.

Los datos experimentales antes y después de implementar la válvula ecológica Marclais se obtuvieron en los meses de octubre de 2022 hasta enero de 2023 en la ciudad de Riobamba, realizando varias pruebas del ensayo a la misma hora y bajo la misma condición ambiental, teniendo en cuenta que el ensayo de torque y potencia, el consumo de combustible y las emisiones contaminates son diferentes ensayos bajo distintas condiciones.

3.1. Tipos de investigación

La investigación del presente trabajo tiene un enfoque cuantitativo debido a que se trabajará con datos reales obtenidos por las diferentes pruebas, los cuales dichos valores luego se los implementaron en tablas y gráficas para su análisis y comparación del comportamiento que tienen antes y después de la instalación de la válvula. Dado que el propósito de la investigación es analizar los resultados de torque, potencia, consumo de combustible y emisiones contaminantes al implementar la válvula ecológica Marclais en el vehículo, se utilizaran los

siguientes tipos y modelos de investigación: Investigación de campo, investigación cuantitativa, investigación analítica, las cuales son las que mejor se relacionan con los resultados a obtener.

- Investigación de campo

Se optó por este tipo de investigación debido a que los datos que se recolectarán serán de manera directa tanto para el torque, potencia, consumo de combustible y las emisiones contaminantes con el fin de poder comparar los resultados del estado del motor, antes y después de colocar la válvula en el vehículo.

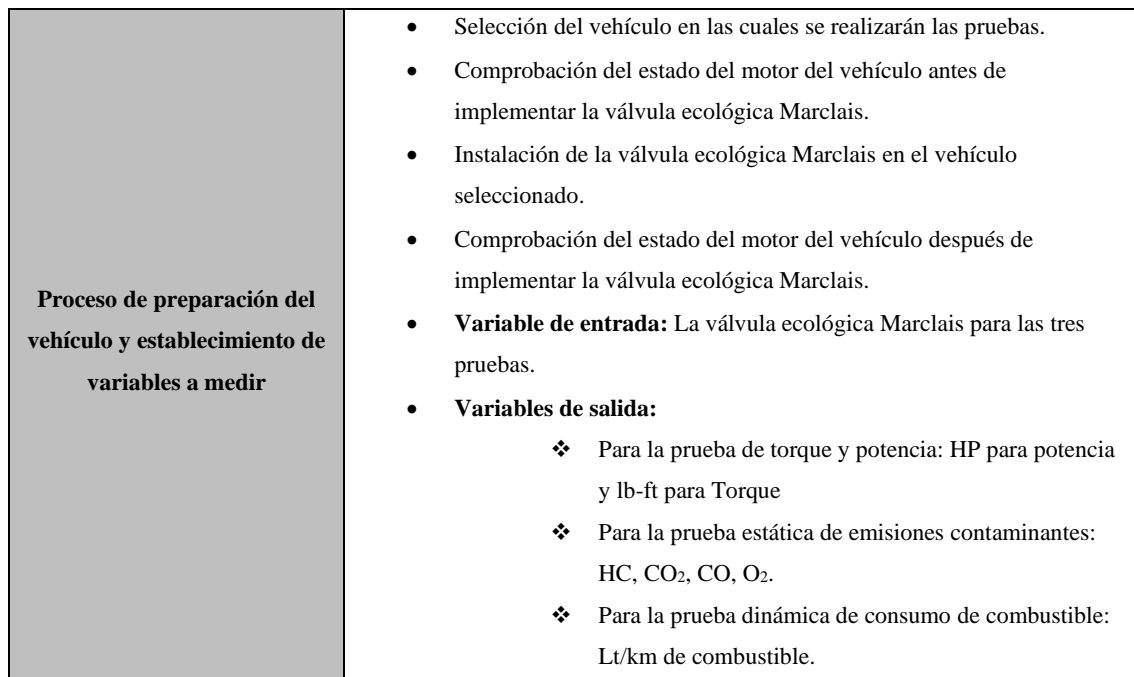
- Investigación cuantitativa

Es una investigación cuantitativa debido a que los valores obtenidos tanto en las emisiones contaminantes, torque, potencia y consumo de combustible serán analizados por medio de métodos estadísticos con el fin de conocer la eficacia que presenta implementar la válvula ecológica Marcalis en vehículos de motor de combustión de encendido provocado (MEP) a una determinada altitud.

- Investigación analítica

Se realizará una investigación analítica para probar la hipótesis de la investigación utilizando la información recolectada tanto del torque, potencia, emisiones contaminantes y consumo de combustible después de evaluar mediante análisis todos los datos obtenidos antes y después de implementar la válvula ecológica Marclais en el vehículo.

3.1.1. Esquema del marco metodológico

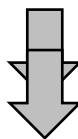


<p>Prueba estática de emisiones contaminantes. Norma NTE INEN 2203 :2000.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Someter al equipo de comprobación a un periodo de calentamiento y estabilización • Revisar el sistema de escape que se encuentre en óptimas condiciones • Revisar el nivel de aceite en el cárter esté entre el máximo y mínimo • Poner el vehículo en neutro, encenderlo, colocarlo a marcha mínima para posteriormente verificar que se encuentre el motor a una temperatura normal de funcionamiento. • Introducir la sonda en el sistema de escape y esperar un tiempo determinado por el analizador para la lectura de datos • Obtener los datos de las emisiones contaminantes para su posterior análisis.
---	---



<p>Prueba dinámica de consumo de combustible. Norma SAE J1321:2012.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Establecer la ruta de conducción • Adaptación de un tanque de combustible adicional para la prueba. • Medición del combustible mediante una balanza antes de terminar la prueba • Obtención de datos en vivo durante la realización de la prueba. • Medición del combustible mediante una balanza después de terminar la prueba • Realizar la misma prueba varias veces para obtener una mejor validación de los datos • Obtener los datos del consumo de combustible para su posterior análisis.
---	---

<p>Prueba de Torque y Potencia. Norma SAE J1349.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Conectar el equipo al vehículo • Anclar mediante cuerdas y verificar el adecuado montado del vehículo en el dinamómetro. • Verificar que el motor se encuentre a una temperatura normal de funcionamiento. • Realizar la prueba acelerándolo el vehículo constantemente. • Obtener los datos del torque y potencia para su posterior análisis.
--	--



Análisis y validación de resultados.	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis estadístico de los datos obtenidos en las diferentes pruebas antes y después de implementar la válvula mediante softwares como Minitab y Excel. • Relacionar los datos encontrados con una adecuada prueba estadística. • Validar la hipótesis planteada ya sea aceptándola o rechazándola • Presentar los resultados de las pruebas.
---	---

3.2. Operacionalización de las variables

3.2.1. Tipos de variables

Tabla 1-3: Designación de nomenclaturas

NIVELES	DESIGNACIÓN
Sin Implementar la Válvula Ecológica Marclais.	SIVEM
Implementada la Válvula Ecológica Marclais.	IVEM

Realizado por: Lluglla, Jonathan, 2022

3.2.1.1. Variable independiente

- Revoluciones por minuto (RPM)

Las RPM es una medida para determinar la velocidad angular a la cual se mueven los elementos de un motor. Esta variable fue la más empleada para la comparación mediante gráficas de las diferentes variables dependientes.

- Altitud
- Válvula Ecológica Marclais

3.2.1.2. Variables dependientes

Para la prueba estática de emisión de gases contaminantes:

- Dióxido de Carbono (CO₂) (%)
- Hidrocarburos (HC) (ppm)
- Monóxido de Carbono (CO) (%)
- Oxígeno(O₂) (%)

Para la prueba dinámica de consumo de combustible:

- Lt/km (Volumétrica)
- gr/km (Másica)

Para la prueba de torque y potencia

- HP (Potencia)

- Lb/ft (Torque)

Para la investigación se tomará como prioridad las variables dependientes como lo son para el caso de torque y potencia los HP y lb/ft respectivamente, para el consumo de combustible los Lt/km y gr/km y para las emisiones contaminantes los Hidrocarburos (HC), el Dióxido de Carbono (CO₂), el Monóxido de Carbono (NO) y el Oxígeno(O₂), al estar y no implementada la válvula ecológica en el vehículo, exactamente en el múltiple de admisión.

En base a las investigaciones realizadas acerca de este tema y similares como la de (Arroyo et al. 2020, pp: 148–162) y (Montúfar et al. 2020, pp: 254–270) que emplearon el t de Student para su respectivo análisis estadístico de los resultados se optó por utilizar la misma técnica para la investigación.

3.3. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos.

3.3.1. Selección del vehículo.

El Ecuador cuenta con un parque automotor medianamente reducido en comparación con otros países de la región, llegando a alcanzar hasta el año 2021 la cifra de 2.5 millones de vehículos matriculados con un crecimiento promedio anual de 5.6% (INEC, 2022, pp: 6-12).

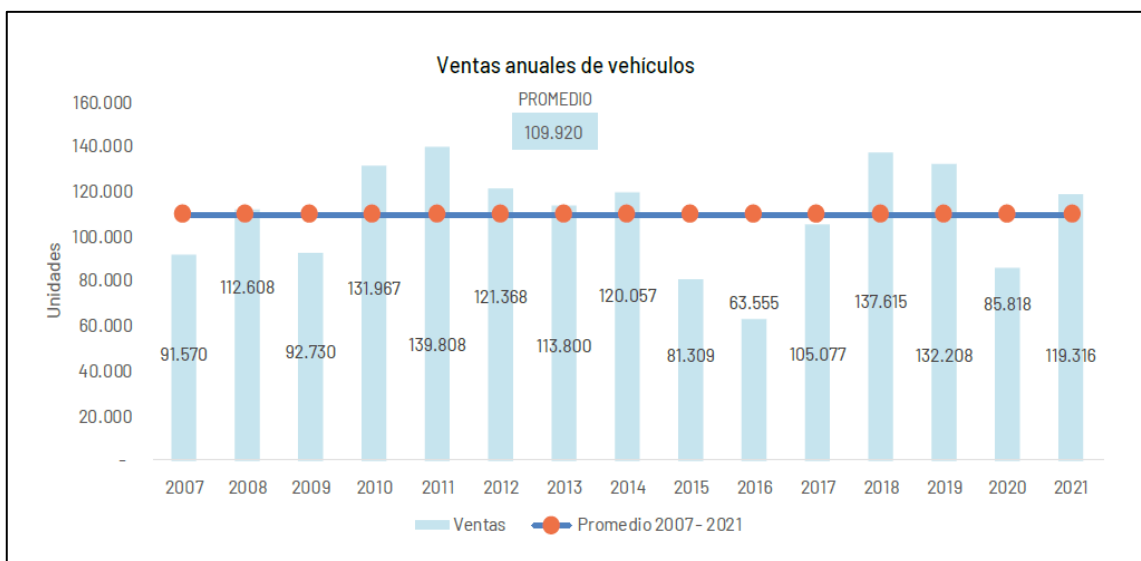


Ilustración 1-3: Ventas anuales de vehículos 2021

Fuente: AEADE, 2021.

El parque automotor del Ecuador cuenta con exactamente 2'535,853 vehículos matriculados de los cuales el 93% corresponden a vehículos de uso particular, siendo los vehículos de clase automóvil los que más existen con un 29.5% del total (INEC, 2022, pp: 6-12).

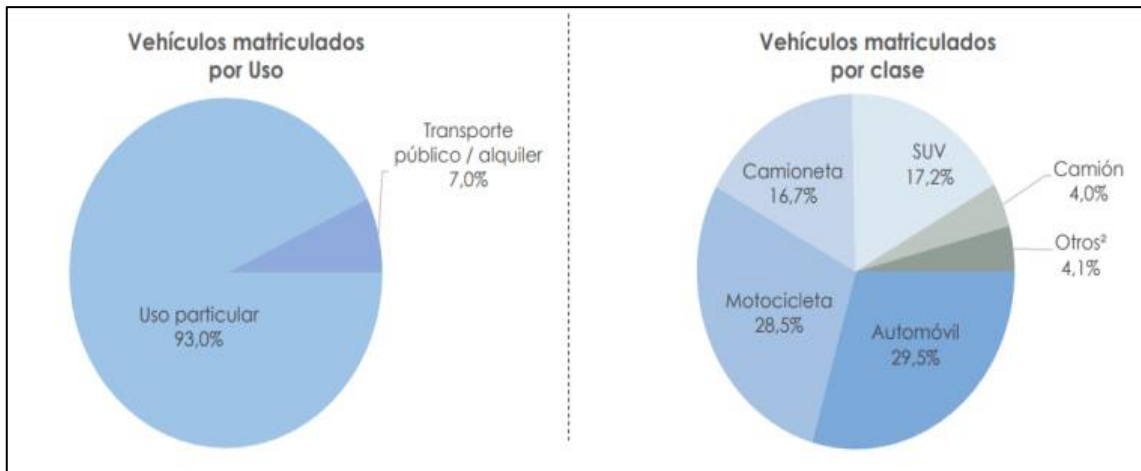


Ilustración 2-3: Vehículos matriculados según su uso y clase

Fuente: INEC, 2022, pp: 6-12.

Chevrolet fue la marca predominante en ventas el año 2021 con 24,547 vehículos vendidos seguido de la marca KIA con 17,980 vehículos y finalmente en tercer lugar la marca surcoreana Hyundai con 7.861 vehículos vendidos (anuario). No obstante, la marca con más parque automotor en el país es Chevrolet, seguido de Hyundai, Kia y Toyota (INEC, 2022, pp: 1-16).

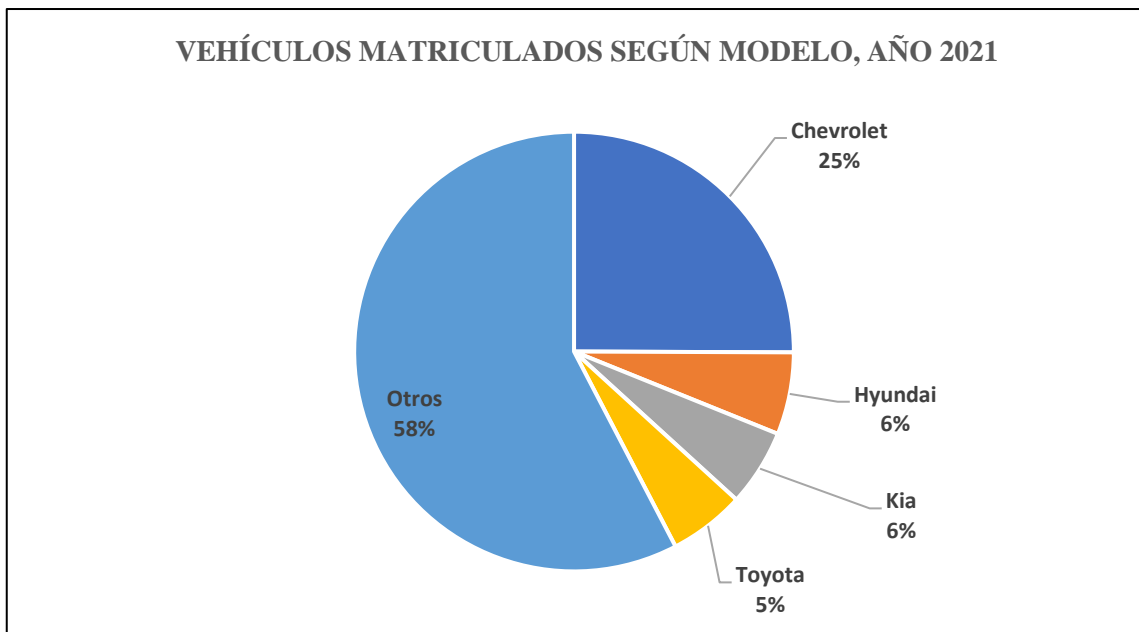


Ilustración 3-3: Vehículos matriculados según modelo

Fuente: INEC, 2022, pp: 6-12.

Realizado por: Lluglla, Jonathan, 2022

La provincia de Chimborazo tuvo un incremento de ventas de vehículos del 2.2% en comparación al 2020, llegando a tener 77,993 vehículos matriculados hasta el año 2021, siendo automóviles el 36.34% (INEC, 2022, pp: 1-16).

Teniendo en cuenta los datos presentados, se optó por elegir un vehículo de la marca Hyundai con un motor de 1400 cc del modelo Getz del año 2011 para realizar las pruebas que se necesiten en la investigación, debido a que es la segunda marca con más vehículos en el país, cuenta con una cilindrada promedio entre sus modelos y es de un año de fabricación en el cual las ventas en el país fue la mejor.



Ilustración 4-3: Vehículo Hyundai Getz 1.4 L 2011

Fuente: Lluglla, Jonathan, 2022

A continuación, se detalla la ficha técnica del vehículo

Tabla 2-3: Ficha técnica Hyundai Getz 1.4L 2011

DETALLE	ESPECIFICACIÓN
Marca	Hyundai
Modelo	Getz
Tipo	Hatchback
Año de fabricación	2011
Motor	4 cilindros (motor en línea)
Cilindrada	1399 cm ³
Capacidad del tanque	45 L
Transmisión	Tracción delantera, caja de cambios manual
Potencia Máxima	97 HP @ 6000 [RPM]
Torque máximo	125 N.m @ 3200 [RPM]
Peso del vehículo	1510 kg
Ruedas	175/65R14

Fuente: (Hyundai Motor Company, 2011)

Realizado por: Lluglla, Jonathan, 2022

3.3.2. *Determinación del combustible*

Según estudios realizados por la empresa Petroecuador el combustible destinado para el sector automotriz en el año 2021 fue de 4'495,919 barriles de los cuales Ecopais tuvo una producción de 1'284,966 de barriles, Extra y Super una producción de 1'172,621 y 226,67 de barriles

respectivamente (EP-PETROECUADOR, 2021, pp: 49-51). No obstante, en la provincia de Chimborazo solo se expende las gasolinas Extra y Super, siendo la primera mencionada la más comercializada y la seleccionada para realizar la investigación.

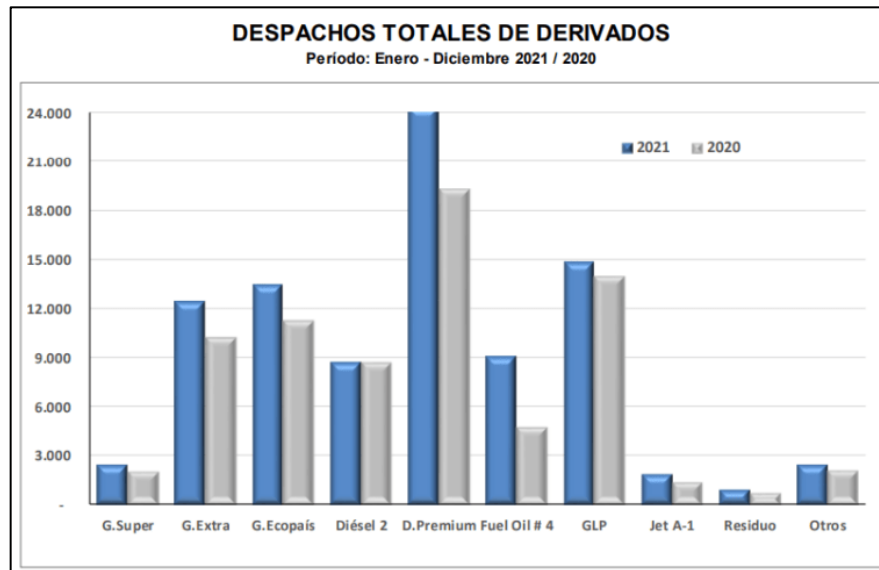


Ilustración 5-3: Despachos de derivados de Petroecuador 2021
Fuente: PETROECUADOR,2022.

3.3.3. *Determinación de ruta.*

Para realizar las pruebas de campo del consumo del combustible se seleccionó una ruta de carretera de ida y vuelta hacia el cantón Guano, tomando como punto de inicio la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por la calle Canónigo Ramos, hasta la Av., 11 de Noviembre en la cual se girará a la izquierda, prosiguiendo hasta la prolongación de la Av. Gonzalo Dávalos donde se deberá girar nuevamente hacia la izquierda, llegando hasta el redondel donde se tomará la Av. Rio Paute, llegando a conectar a la vía Riobamba Guano la cual seguiremos por varios km hasta llegar al redondel ubicado en la Av. 20 de Diciembre ya en el cantón Guano donde lo bordearemos para retornar al punto de inicio siguiendo la misma ruda de ida. Esta ruta posee una distancia de 20.4 Km y se la realizará por 4 veces SIVEM e IVEM.

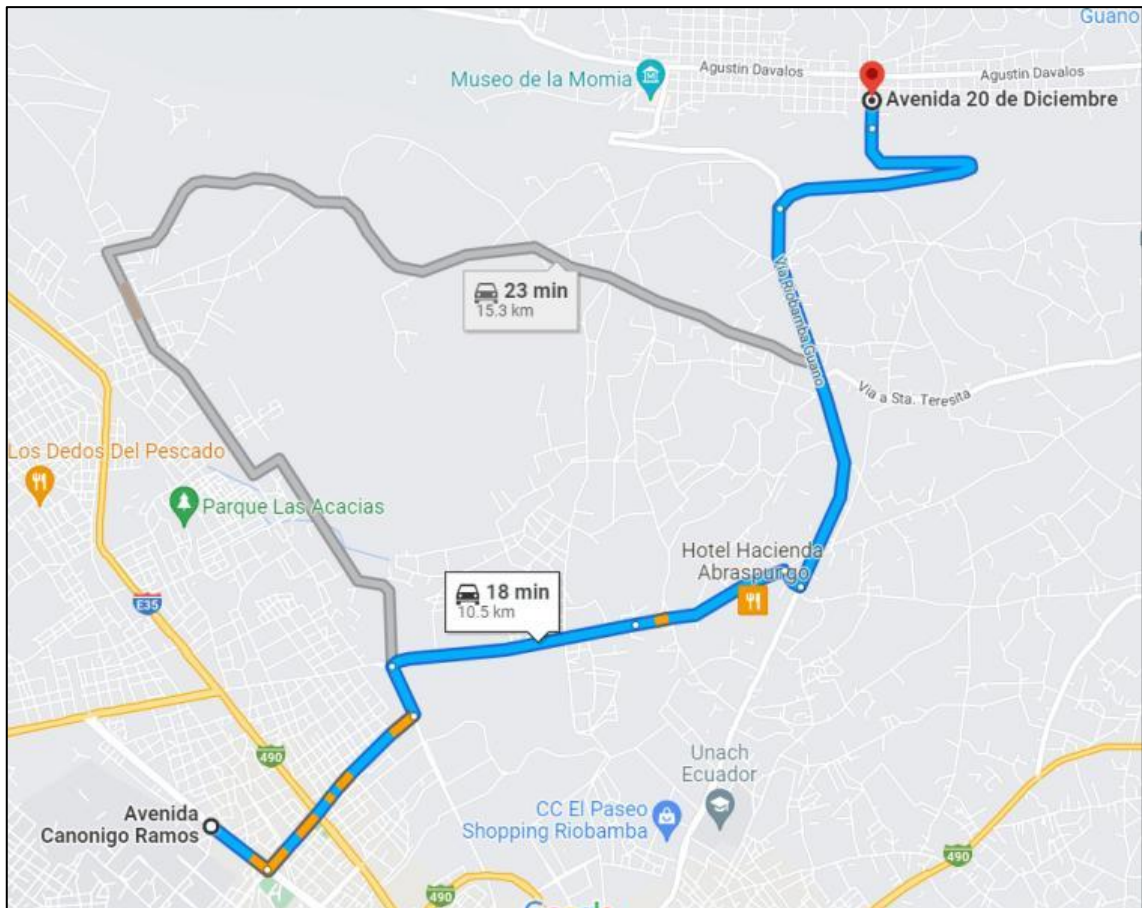


Ilustración 6-3: Ruta ESPOCH-Guano

Fuente: Google Maps, 2021.

3.3.4. Analizador de gases.

El equipo utilizado para la recolección de datos para la prueba de emisiones de gases fue el analizador portátil KANE AUTOplus 4-2, ideal para motores de combustión interna a gasolina el cual proporciona rangos de medición que se encuentran entre: CO (0-10%), CO₂ (0-16%), HC (0-5000ppm), O₂ (0-21%), NO_x (0-5000ppm), lambda (0.8-1.2), considerando que antes de ocupar el equipo se debe refrescar el aire haciendo una purga que se demora 90 segundos, verificando que se ha dado una correcta inicialización del equipo cuando observemos en la pantalla un CO (0%), CO₂ (0%), HC (0 ppm), O₂ (20.9%), NO_x (0 ppm), lambda (---) (UEI Test Instruments, 2015 pp: 32-33).



Ilustración 7-3: Analizador KANE AUTOplus 4-2
Fuente: Lluglla, Jonathan, 2022.

3.3.4.1. *Especificaciones técnicas del equipo*

Tabla 3-3: Ficha técnica analizador KANE AUTOplus 4-2

ESPECIFICACIONES	
Peso	1 kg
Dimensiones	(220 x 55 x 120) mm
Salida Cargador Batería	12v
Carga de la Batería	4 horas
Sonda	(350 x 15) mm
Manguera	4 m
Humedad	10 - 90% no condensada
Temperatura ambiente	5 - 45 °C
Comunicación	Via Mini USB o Bluetooth
Tiempo de Calentamiento	Menos de 2 min
Combustibles preprogramados	Petrol/Gasoline, LPG, Diesel, and CNG
Precisión	<ul style="list-style-type: none"> • Monóxido de Carbono +/-5 % de lectura; +/-0.06 % volumen • Oxígeno +/-5 % de lectura; +/-0.1 % volumen • Hidrocarburo +/-5 % de lectura: +/-12 ppm volumen • Dióxido de Carbono +/-5 % de lectura*1 +/-0.5 % volumen • Óxido Nítrico 0-1500ppm +/-5% o25ppm

Fuente: UEI Test Instruments, 2015.

Realizado por: Lluglla, Jonathan, 2022

3.3.5. *Tanque portátil de combustible.*

Para la prueba de consumo de combustible se optó por adaptar un recipiente tipo galón con una bomba de combustible de similar característica a la del vehículo sumergida en el tanque, con su respectiva salida de 4 bares de presión y retorno, además de la respectiva conexión para el funcionamiento de la bomba eléctrica. El tanque abarcó 2 galones en su interior para cumplir la norma, que especifica que para la prueba se debe contener el doble de combustible que se consume en cada vuelta (Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE), 2022)



Ilustración 8-3: Caneca de combustible

Fuente: Lluglla, Jonathan, 2022.

3.3.6. *Balanza digital.*

Para pesar la cantidad de combustible consumo en la prueba de ruta se utilizó la balanza digital ACS-30-JC21 de la marca CAMRY que pesa hasta un máximo de 30 Kg o 66 lb. Esta balanza es de alta precisión, con una unidad display dual para indicar peso, unidad, y cantidad (Profermaco, 2022).



Ilustración 9-3: Balanza digital CAMRY ACS-30-JC21
Fuente: Lluglla, Jonathan, 2022.

3.3.6.1. *Especificaciones de la balanza digital CAMRY ACS-30-JC21*

Tabla 4-3: Ficha técnica de la balanza digital CAMRY ACS-30-JC21

ESPECIFICACIONES	
Marca	CAMRY
Modelo	ACS-30-JC11
Capacidad	3KG (6LB)*1G (0.002LB) 6KG (12LB)*2G (0.005LB) 15KG (30LB)*5G (0.01LB) 30KG (60LB)*10G (0.02LB)
Resolución	1/3000SE
Procedencia	CHINA
Clase	III
Tamaño de bandeja	35x24cm
Dimensiones totales	36x26x16
Fuente de energía	AC 110V/230V(±10%) or DC 6V/ 4Ah batería recargable
Opera en temperaturas	-10°C~40°C (14°F~104°F)
Pantalla	LCD 5/5/6 DÍGITOS;
Altura	18MM;
Pantalla de la torre:	ALTURA 14MM
Memorias	4
Peso total del producto	3.600 KG
Precisión	+/-5 gramos

Fuente: La casa de la Balanza, 2019.

Realizado por: Lluglla, Jonathan, 2022

3.3.7. *Dinamómetro*

El dinamómetro usado para las pruebas de torque y potencia fue el modelo AWD-5000 FX de la marca DYNOCOM, que cuenta en su parte delantera una unidad 2WD de serie 5000 y en la parte trasera es un juego de rodillos. Este tipo de dinamómetro soporta velocidades de hasta 175 mph y 2000 hp. El peso máximo que puede soportar por eje es de 6,500 libras (DYNOCOM, 2021, pp: 9-12).



Ilustración 10-3: Dinamómetro DYNOCOM DC5000-FX

Fuente: Lluglla, Jonathan, 2022.

3.3.7.1. Especificaciones del dinamómetro DYNOCOM DC5000-FX

ESPECIFICACIONES	
Peso máximo por eje	6500 lb.
Caballos de fuerza máximos	2250+hp
Velocidad máxima	175+mph (AWD vinculado 155 MPH)
Rango de seguimiento del vehículo	16" (mínimo interior) - 86" (máx.)
Distancia entre ejes máxima	86"
Distancia entre ejes Longitud	96" - 122" (3 rodillos estándar)
Longitud de la distancia entre ejes	83" - 122" (4 rodillos opcionales)
Torsión máx. en estado estable*	2,200 ft. lbs. por retardador
Torque dinámico máximo	10,000 libras-pie. por eje
Requerimientos Eléctricos	220/240 VAC @ 25AMPs
Requisitos de aire	90 PSI a 4,5 CFM (para kit de elevación de bolsa de aire)
Precisión de temporización	+/-0,1 μ S
Precisión de la velocidad del tambor	+/-1 /1000th MPH
Precisión de RPM	+/-1 /100 RPM

Tabla 5-3: Ficha técnica del dinamómetro DYNOCOM DC5000-FX

Fuente: DYNOCOM, 2021.

Realizado por: Lluglla, Jonathan, 2022

3.3.8. Prueba del sensor MAP

3.3.8.1. *Multímetro TRUPER MUT-830*



Ilustración 11-3: Multímetro TRUPER MUT-830

Fuente: Lluglla, Jonathan, 2022.

Tabla 6-3: Características del multímetro TRUPER MUT-830

Polaridad	Auto polarización
Sobrecarga	Máx. lectura de “1”
Ambiente de operación	0-40 °C
Humedad relativa	< 75%
Pila	9 V
Tamaño	150 mm x 70mm x 24mm
Peso	150 g
Precisión	+/- a% de lectura +/- no. Dígitos Rango: 20 V; Resolución: 10 mV +/- 0.5 % del rango + 2 dígitos
Temperatura de operación	23 °C +/- 5°C

Fuente: TRUPER,2012.

Realizado por: Lluglla, Jonathan, 2022

3.3.8.2. *Pin data del sensor MAP*

Las pruebas se realizarán midiendo los voltajes en el pin de salida del sensor en cuatro condiciones siendo estas a estado de KOEO, relantí, 2000 rpm y WOT.



Ilustración 12-3: Ubicación del sensor MAP

Fuente: Lluglla, Jonathan, 2022.

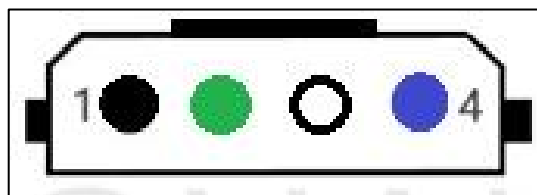


Ilustración 13-3: Conector del sensor MAP vista posterior

Fuente: Lluglla, Jonathan, 2022.

Donde:

1. GND
2. Señal del sensor MAP
3. Vcc (+5V)
4. Señal del sensor de temperatura de aire

3.4. Implementación de la válvula ecológica Marclais en el vehículo

3.4.1. Protocolo de instalación de la válvula ecológica Marclais.

Para implementar la válvula ecológica Marclais en el vehículo anteriormente seleccionado se seguirá los siguientes pasos:



Ilustración 14-3: Implementación de la válvula Marclais

Fuente: Lluglla, Jonathan, 2023.

- Evaluar visualmente el lugar donde se colocará la válvula.
- Desmontar todos los componentes que interfieran con la colocación de la válvula, como lo es la tapa del motor, el riel de combustible con sus respectivos inyectores, mangueras y cable del acelerador si es necesario.
- Una vez ubicado el punto donde se colocará la válvula se procedió a realizar una perforación guía con una broca de 11/32 in.
- Para realizar la perforación final se utilizó una broca cónica de 3/8 in



Ilustración 15-3: Perforación del múltiple de admisión

Fuente: Lluglla, Jonathan, 2023.

- Se implementó el acople roscado para conectar el múltiple de admisión con la válvula

- Para unir la válvula con el acople instalado en el múltiple se lo conectará a través de una manguera sujeta con abrazaderas de presión.
- Verificar que no existan fugas de aire
- Montar los componentes anteriormente retirados.



Ilustración 16-3: Válvula instalada

Fuente: Lluglla, Jonathan, 2023

3.5. Protocolos de medición de las pruebas

3.5.1. *Protocolo de medición de emisiones contaminantes según NTE INEN 2 203:2000*

3.5.1.1. *Procedimiento para la medición*

Para adquirir los datos de las emisiones de gases contaminantes se optó por seguir los procedimientos basados en la norma INEN 2203: 2000 la cual tiene como objetivo establecer el método de ensayo para la prueba, además de que define que debe ser realizado a marcha mínima o relantí y especifica que se utiliza para vehículos con motor de encendido provocado (MEP), tomando en cuenta las siguientes indicaciones:

- El equipo analizador de gases debe someterse a un periodo de calentamiento determinado por el fabricante
- No debe existir ninguna partícula o humedad en la sonda de prueba
- Colocar la transición del vehículo en neutro
- Revisar que se encuentren apagados los accesorios del vehículo como lo es las luces el aire acondicionado, etc.

- Revisar el sistema de escape del vehículo, este no debe tener fugas o salidas que no especifique el fabricante
- Comprobar que el nivel del aceite del motor se encuentre entre el máximo y mínimo teniendo en cuenta que el vehículo debe estar apagado y en forma horizontal.
- Encender y esperar que el vehículo se encuentre a temperatura normal de funcionamiento (NTE INEN 2 203:2000, 2000 :pp. 1-3).

3.5.1.2. *Medición*

- Verificar la condición de marcha mínima mediante el tacómetro
- Colocar la sonda de forma fija durante la prueba y después de comprobar de que el motor este a una temperatura normal de funcionamiento.
- Esperar los resultados del equipo después de cierto tiempo establecido por el fabricante (NTE INEN 2 203:2000, 2000 :pp. 1-3).

3.5.1.3. *Informe de resultados*

- El resultado final de la prueba serán los datos de mayor valor leídos por el equipo (NTE INEN 2 203:2000, 2000 :pp. 1-3).

Los valores de las pruebas de emisiones de gases se clasificarán en dos bloques siendo el primer bloque lo datos obtenidos antes de que sea implementada la válvula en el vehículo y el segundo bloque los datos obtenidos después de que se implementó la válvula.

3.5.2. ***Protocolo de consumo de combustible norma SAE J1321:2012.***

- Para realizar los ensayos se requiere de una balanza digital situada de forma fija para medir con exactitud.
- El tanque de combustible que se utilizó debe cumplir la recomendación de contener el doble de combustible para recorrer el tramo sin ningún problema, tomando en cuenta que debe ser de fácil desmontaje y contener las conexiones necesarias para que funcione como el original del vehículo
- Los valores de velocidad que el vehículo debe registrar en la ruta deben ser de 0.1 km/h de exactitud el cual será registrado mediante un GPS
- La ruta establecida debe iniciar y terminar en el mismo punto sin tener problemas en la conducción ni errores en el equipo.
- Al finalizar la ruta se debe esperar un minuto con el motor en ralentí y después apagarlo.
- Se debe registrar en el odómetro del vehículo la distancia recorrida

- Tener en cuenta el tráfico en la ruta además de realizar las pruebas con las mismas condiciones climáticas para obtener datos sin demasiada variación (SAE J1321:2012, 2012, pp.10-14).

Para que la prueba pueda ser validada se debe realizar más de una prueba con las indicaciones que especifica la norma (SAE J1321:2012, 2012, pp.10-14).

3.5.3. Protocolo de prueba de torque y potencia

El dinamómetro utilizado para la prueba basa su funcionamiento en la norma SAE J1349 la cual es la norma que certifica la potencia y torque de un motor, además de que ayuda al cliente a asegurar que el motor en cuestión cumpla con lo anunciado por el fabricante con respecto a su rendimiento. Los pasos para desarrollar la prueba con el dinamómetro fueron las siguientes: (SAE J1347:2005).

- Primero se procedió a conectar el equipo o interfaz de control al vehículo para obtener información del tacómetro mediante su conector OBD II
- Revisar mediante una inspección visual que no exista inconvenientes con los rodillos del equipo para montar el vehículo.
- Asegurar el vehículo mediante cuerdas de seguridad
- Encender el vehículo y verificar se encuentre a temperatura normal de funcionamiento para empezar a obtener los datos
- Acelerar el vehículo desde la primera marcha hasta la última que disponga dicha transmisión y esperar que el equipo genere las curvas del rendimiento del motor
- Los datos que se recolectaron deben ser sin el coeficiente de corrección para obtener un mejor resultado del rendimiento del motor a la altura de la ciudad de Riobamba

3.6. Técnicas de análisis

Una vez obtenidos los datos de las pruebas estáticas y dinámicas se realizó el análisis mediante software de análisis estadístico, para este estudio se optó por utilizar Excel ya que es una herramienta que permite analizar y visualizar datos mediante hojas de cálculo incluidos en sus documentos internas denominados libros (Microsoft,2021) y Minitab ya que son de fácil manipulación, encajan perfectamente con el caso de la investigación y se contó con sus respectivas licencias.

3.6.1. Minitab

Minitab es un software estadístico que ha estado en el mercado por casi 50 años cuya misión es

ayudar a empresas e instituciones a descubrir el valor de su información, controlar costos, y alcanzar una mejor calidad mediante la detección de defectos en procesos (Minitab,2021).

3.6.2. Prueba estadística t de student

Esta prueba fue diseñada por el químico William Sealy Gosset en 1899, aunque inicialmente se la creó para analizar diferencias muestras independientes, pequeñas, homogéneas y con distribución normal, en la actualidad se basa en dos premisas; la una en la distribución de normalidad y la otra en que las muestras deben ser independientes, permitiendo comparar muestras menores e iguales a 30 datos y estableciendo una diferencia entre las medias obtenidas (Sánchez 2015).

Es un tipo de prueba de estadística deductiva cuya función es conocer si la diferencia entre las medias de dos grupos llega a ser significativa, aceptando un $p < 0.05$ de nivel de significancia en la investigación de campo (SCIENTIFICT EUROPEAN, 2019, p.1).

Los pasos para realizar un correcto análisis estadístico con la prueba t de student son los siguientes:

1. Plantear una hipótesis nula y una alternativa en la cual la nula corresponderá a que las medias obtenidas son iguales y la alternativa que no lo son.
2. Tomar en cuenta que en investigaciones de campo se debe tener un nivel de significancia del 95 % de confiabilidad que servirá como un delimitador en el estudio
3. Obtener los cálculos de:
 - Las medias y varianzas de las poblaciones
 - Los grados de libertad
 - Es estadístico t
4. Identificar la regla de decisión (Sánchez 2015).

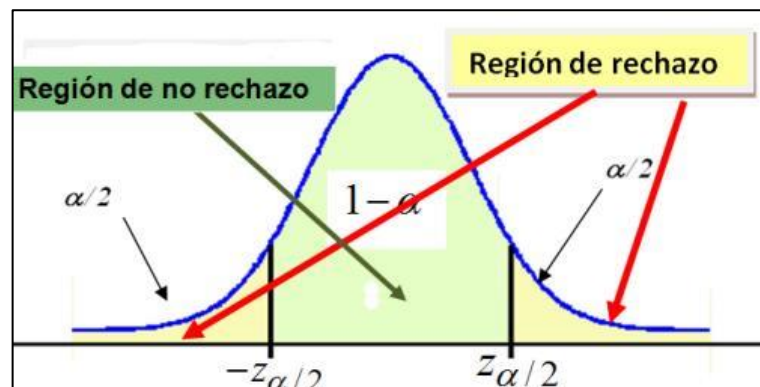


Ilustración 17-3: Curva para la prueba estadística t Student

Fuente: Avilés, Zambrano, 2019

5. Obtener la conclusión del estudio

CAPITULO IV

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los datos obtenidos en las diferentes pruebas se las organizaron en tablas y gráficas para su posterior análisis y comparación.

4.1. Emisiones de gases contaminantes

Para la recolección de datos de las emisiones contaminantes del vehículo se realizaron 6 pruebas las cuales fueron 3 antes de la implementación de la válvula y 3 después de la implementación dividiendo los datos obtenidos en 2 bloques. Cada bloque se encuentra a determinados rpm y siguiendo las especificaciones de la norma técnica NTE INEN 2203:2000.

Tabla 1-4: Emisiones contaminantes a diferentes RPM

	RPM	N° PRUEBAS	CO (%)	CO₂ (%)	HC (ppm)	O₂ (%)
PRUEBA SIN VÁLVULA	790	1	0.02	11.20	63	3.56
		2	0.12	10.70	52	3.95
		3	0.02	11.10	62	3.63
	2000	1	0.08	13.10	63	0.32
		2	0.09	13.10	61	0.16
		3	0.08	13.00	62	0.27
	4000	1	0.05	13.50	30	0.00
		2	0.07	13.40	44	0.03
		3	0.06	13.40	32	0.00
PRUEBA CON VÁLVULA	790	1	0.14	16.1	68	0.00
		2	0.02	15.8	62	0.00
		3	0.14	15.8	59	0.00
	2000	1	0.12	15.5	54	1.66
		2	0.03	15.6	44	0.00
		3	0.02	15.9	46	0.00
	4000	1	0.08	16.1	36	0.00
		2	0.00	15.7	31	0.00
		3	0.03	15.9	38	0.00

Realizado por: Lluglla, Jonathan, 2023



Ilustración 1-4: Recolección de datos de emisiones contaminantes
Fuente: Lluglla, Jonathan, 2023.

4.1.1. Análisis de los resultados del monóxido de carbono (CO)

La tabla 1-4, indica las diferentes mediciones realizadas en el vehículo cuando se encontraba sin implementar e implementada la válvula ecológica Marclais a las diferentes revoluciones del motor que especifica la norma NTE INEN 2204, teniendo en cuenta que el Monóxido de Carbono se debe encontrar por debajo del 1% debido a su efecto negativo que provoca en la salud de las personas por ser altamente nocivo.

Tabla 2-4: Óxido de carbono implementada y no la válvula Marclais

	RPM	PROMEDIO (CO)%
SIN VÁLVULA	790	0.05
	2000	0.08
	4000	0.06
CON VÁLVULA	790	0.10
	2000	0.06
	4000	0.04

Realizado por: Lluglla, Jonathan, 2023.

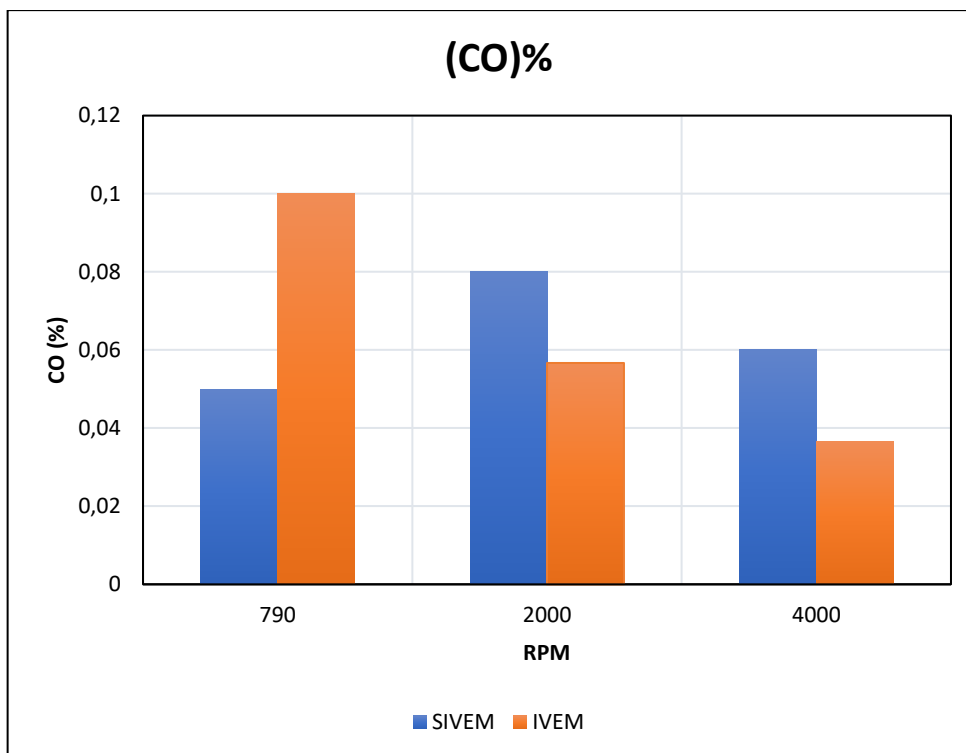


Ilustración 2-4: Comportamiento del CO implementada y no la válvula Marclais
Fuente: Lluglla, Jonathan, 2023.

Tabla 3-4: Prueba estadística t de Student (CO)

	<i>SVE</i>	<i>CVE</i>
Media	0.0656	0.0644
Desviación estándar	0.0324	0.0561
Observaciones	9	9
Diferencia hipotética de las medias	0	
Varianza	0.0043	0.0031
Valor T	0.05	
Valor p	0.960	

Realizado por: Lluglla, Jonathan, 2023.

4.1.1.1. *Discusión*

Las emisiones contaminantes a relantí (790 rpm) obtuvieron una medición de 0.05% al estar el vehículo sin válvula, y un porcentaje de 0.10% al estar implementada la válvula, dando como resultado un aumento del 0.05%. Al realizar las mediciones con el motor a 2000 rpm se obtuvo un valor de 0.08%, sin la válvula y con la válvula un valor de 0.06%, en este caso hubo una reducción del 0.02%. A 4000 rpm sin estar la válvula se obtuvo un valor de 0.06% y al implementar la válvula un valor de 0.04% habiendo una reducción del 0.02%.

Una vez mostrados los datos del CO y en comparación con los datos presentados por el fabricante de la válvula Marclais que mencionaba que hay una reducción en un rango del 5-10%

(Marclais, 2020), se observó que a relanti marca un valor de emisiones más alto y a medida que se aumentan las rpm del motor disminuyen las emisiones de CO, validando que si hay una reducción pero no en relanti. Y en comparación con el grupo GIMEL (GIMEL, 2010) de la universidad de Antioquia que indica que el valor a 2000 rpm con y sin válvula correspondía al 0.03%, fue inconsistente.

4.1.2. Análisis de los resultados del dióxido de carbono (CO₂)

El análisis del CO₂ es importante en los motores de combustión interna ya que es un indicador de cómo está combustionando el motor, es decir si se encuentra en una buena o mala combustión, y el valor mínimo que debe sobrepasar es de 12%.

Tabla 4-4: Dióxido de carbono implementada y no la válvula Marclais

	RPM	PROMEDIO (CO ₂) %
SIN VÁLVULA	790	11.00
	2000	13.07
	4000	13.43
CON VÁLVULA	790	15.90
	2000	15.67
	4000	15.90

Realizado por: Lluglla, Jonathan, 2023.

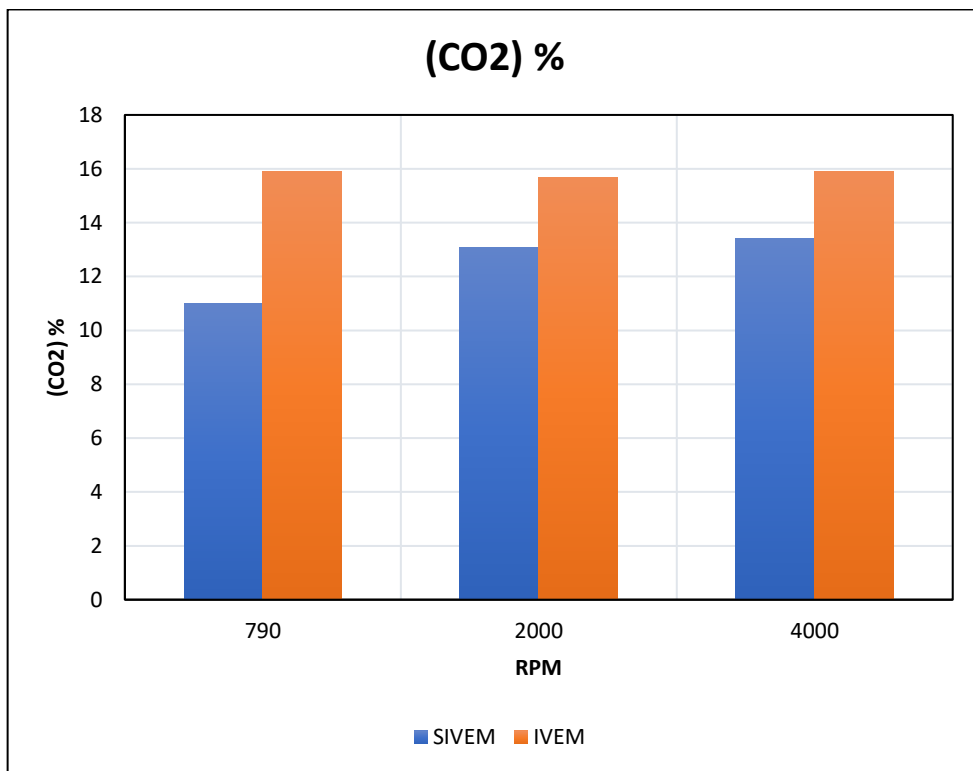


Ilustración 3-4: Comportamiento del CO₂ implementada y no la válvula Marclais

Fuente: Lluglla, Jonathan, 2023.

Tabla 5-4: Prueba estadística t de Student (CO₂)

	<i>SVE</i>	<i>CVE</i>
Media	12.50	15.822
Desviación estándar	1.14	0.205
Observaciones	9	9
Diferencia hipotética de las medias	0	
Varianza	1.2996	0.0420
Valor T	-8.57	
Valor p	0.0	

Realizado por: Lluglla, Jonathan, 2023.

4.1.2.1. *Discusión*

Al observar la ilustración 3-4 correspondiente a las mediciones del dióxido de carbono se pudo notar que al implementar la válvula Marclais los porcentajes sobrepasaron en todas las cargas del motor, con un valor máximo de 15.9%. Esto hace notar que según lo especificado por el fabricante de dicha válvula (Marclais, 2020), que menciona que a altas rpm del motor la válvula se vuelve eficiente es desfavorecedor en este tipo de vehículo. En comparación con el estudio del grupo GIMEL (GIMEL, 2010) los valores de emisiones de CO₂ que mencionan a 2000 rpm resultaron en el mismo rango un incremento del 2%

4.1.3. *Análisis de los resultados de los hidrocarburos (HC)*

La tabla 6-4 indica los promedios de los Hidrocarburos a las diferentes cargas del motor en donde el valor mínimo de las mediciones correspondió a los 35.33 ppm a las 4000 rpm sin la válvula y un valor máximo de 63 ppm al implementar la válvula, tomando en cuenta que este valor máximo no debe sobrepasar los 300 ppm según la norma NTE INEN 2203. Este resultado indica que, al tener un exceso de Hidrocarburos, la mezcla de aire-combustible está en la zona rica, y por ende no se está consumiendo todo el combustible.

Tabla 6-4: Hidrocarburos al implementar y no la válvula Marclais

	RPM	PROMEDIO (HC) ppm
SIN VÁLVULA	790	59
	2000	62
	4000	35.33
CON VÁLVULA	790	63
	2000	48
	4000	35

Realizado por: Lluglla, Jonathan, 2023.

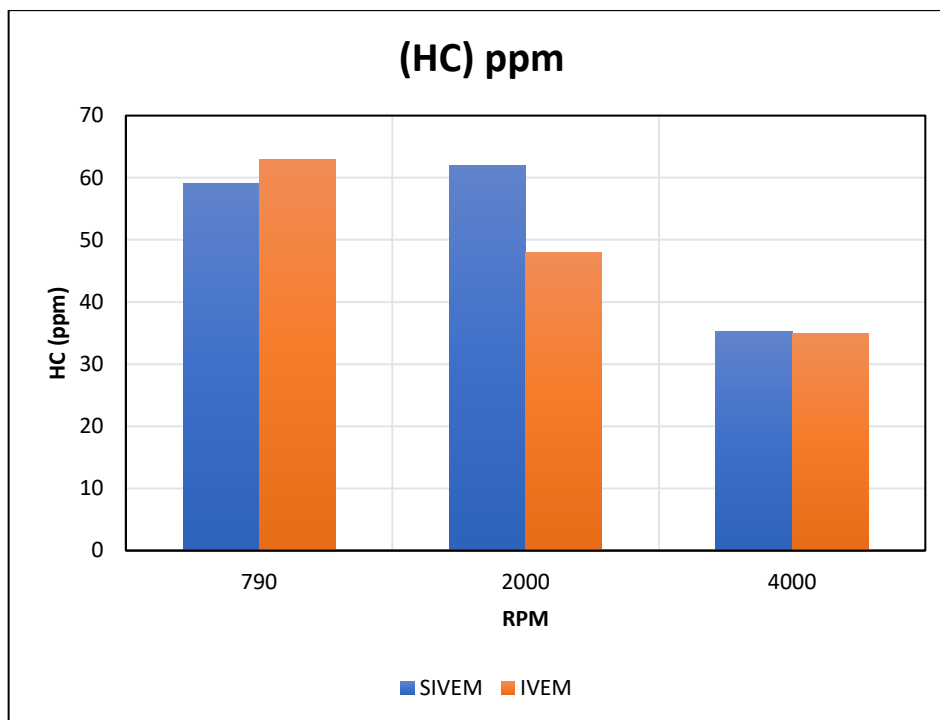


Ilustración 4-4: Comportamiento de los HC implementada y no la válvula Marclais
Fuente: Lluglla, Jonathan, 2023.

Tabla 7-4: Prueba estadística t de Student (HC)

	<i>SVE</i>	<i>CVE</i>
Media	52.1	48.7
Desviación estándar	13.6	12.8
Observaciones	9	9
Diferencia hipotética de las medias	0	
Varianza	184.96	163.84
Valor T	0.56	
Valor p	0.587	

Realizado por: Lluglla, Jonathan, 2023.

4.1.3.1. Discusión

La ilustración 4-4 informa el comportamiento de los HC a diferentes rpm del motor observando que al implementar la válvula hubo un incremento mínimo con una diferencia de 4 ppm en relantí (790 rpm) y posteriormente reduciendo las emisiones de HC a 2000 rpm y un valor relativamente similar a 4000 rpm, obteniendo el mayor valor de reducción de HC a los 2000 rpm del 77.41%. En comparación al valor mencionado por el fabricante de la válvula que menciona que la reducción de este gas esta entre el 10-30% salió distinto a esta altitud donde se realizaron las pruebas y así como también con el estudio del grupo GIMEL que mencionaba que a 2000 rpm había un incremento de HC.

4.1.4. Análisis de los resultados del oxígeno (O₂)

Los valores referenciales del O₂ según la norma NTE INEN 2203 menciona que este valor debe ser menor del 2% para que se encuentre el vehículo en una correcta mezcla, si se obtiene un valor del 0% como en este estudio al implementar la válvula en el vehículo da como resultado que se consume todo el oxígeno que entra a la cámara demostrando que la mezcla esta rica.

Tabla 8-4: Oxígeno al implementar y no la válvula Marclais

	RPM	PROMEDIO (O ₂) %
SIN VÁLVULA	790	3.71
	2000	0.25
	4000	0.01
CON VÁLVULA	790	0.00
	2000	0.55
	4000	0

Realizado por: Lluglla, Jonathan, 2023.

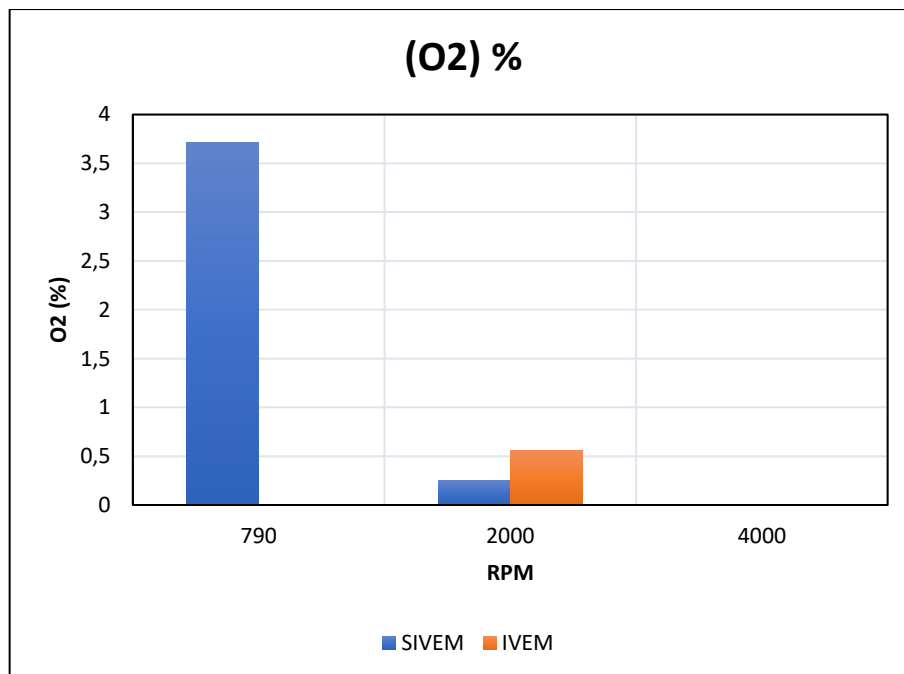


Ilustración 5-4: Comportamiento del O₂, implementada y no la válvula Marclais

Fuente: Lluglla, Jonathan, 2023.

Tabla 9-4: Prueba estadística t de Student (O₂)

	SVE	CVE
Media	1.32	0.184
Desviación estándar	1.80	0.553
Observaciones	9	9
Diferencia hipotética de las medias	0	
Varianza	3.24	0.306
Valor T	1.82	
Valor p	0.102	

Realizado por: Lluglla, Jonathan, 2023.

4.1.4.1. *Discusión*

Al observar la ilustración 5-4, se demostró que al implementar la válvula Marclais, los valores obtenidos se encontraban cerca de un 0% a ralentí (790 rpm) y a 4000 rpm, solo incrementando su porcentaje a 0.55% a 2000 rpm. Cabe recalcar que el fabricante no menciona un valor de reducción ni aumento en la ficha técnica de dicha válvula.

4.2. **Consumo de combustible**

La prueba de consumo de combustible se la desarrollo según la ruta establecida siendo un total de recorrido de 20.4 km según el odómetro del vehículo y tomando en cuenta que la velocidad con la que se circuló no fue constante para tener datos lo más reales posibles en cuanto a la conducción de cualquier conductor de la ciudad de Riobamba.

Tabla 10-4: Pruebas de consumo de combustible

	N° PRUEBA	PESO INICIAL (gr)	PESO FINAL (gr)	CONSUMO (gr)	HORA DE INICIO	HORA DE LLEGADA	TIEMPO (min)
SIN VÁLVULA	1	7710	6660	1050	17:17:16	17:51:25	0:34:09
	2	7700	6240	1460	18:03:42	18:39:46	0:36:04
	3	7680	6590	1090	18:48:29	19:26:42	0:38:13
CON VÁLVULA	1	7770	6550	1220	17:24:38	17:59:47	0:35:09
	2	7800	6270	1530	18:04:06	18:42:45	0:38:39
	3	7760	6630	1130	18:44:02	19:21:28	0:37:26

Realizado por: Lluglla, Jonathan, 2023.



Ilustración 6-4: Recolección de datos del consumo de combustible

Fuente: Lluglla, Jonathan, 2023.

4.2.1. Análisis de los resultados del consumo de combustible

Las tablas 11-4 y 12-4 indican los valores promedio de consumo obtenidos en las pruebas de ruta tanto sin válvula como ya implementada la válvula en el vehículo, con un promedio de 1200 gramos de consumo que equivale a 1.20 litros en la ruta ESPOCH – Guano – ESPOCH de 20.4 km y un promedio de 1293.33 gramos equivalentes a 1.29 litros de consumo en la misma ruta con la misma distancia solo que esta vez ya implementada la válvula.

Tabla 11-4: Consumo de combustible sin implementar la válvula Marclais

	CONSUMO (gr)	CONSUMO EN GALONES	CONSUMO(Lt)
SIN VÁLVULA	1050.00	0.28	1.05
	1460.00	0.39	1.46
	1090.00	0.29	1.09
PROMEDIO	1200.00	0.32	1.20

Realizado por: Lluglla, Jonathan, 2023.

Tabla 12-4: Consumo de combustible implementada la válvula Marclais

	CONSUMO (gr)	CONSUMO EN GALONES	CONSUMO (LT)
CON VÁLVULA	1220.00	0.32	1.22
	1530.00	0.40	1.53
	1130.00	0.30	1.13
PROMEDIO	1293.33	0.34	1.29

Realizado por: Lluglla, Jonathan, 2023.

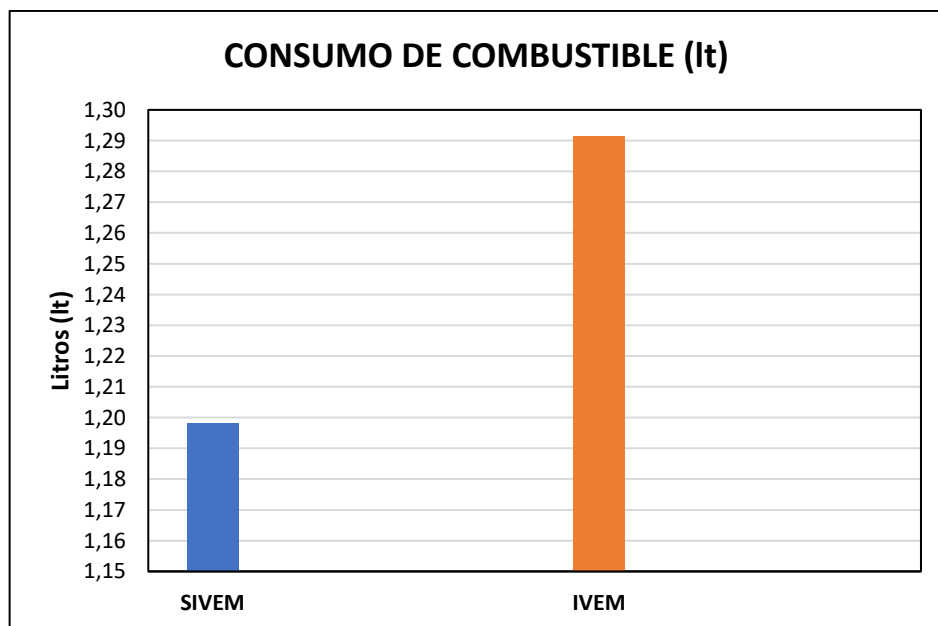


Ilustración 7-4: Diferencia de consumo de combustible en litros

Fuente: Lluglla, Jonathan, 2023.

Tabla 13-4: Prueba estadística t de Student (consumo)

	<i>SVE</i>	<i>CVE</i>
Media	1200	1293
Desviación estándar	226	210
Observaciones	3	3
Diferencia hipotética de las medias	0	
Varianza	51076	44100
Valor T	-0.52	
Valor p	0.636	

Realizado por: Lluglla, Jonathan, 2023.

4.2.1.1. *Discusión*

El consumo de combustible aumento mínimamente al implementar la válvula en el vehículo demostrando que los valores de las emisiones que se encontraban en mezcla rica eran por dicho aumento de combustible, el aumento obtenido es de 93.33 gramos equivalentes a 0.02 galones y 0.09 litros. El fabricante de dicha válvula (Marclais,2020), menciona que al implementar la válvula debe realizar un ahorro de combustible de entre el 15-20% en vehículos que cuenten con inyección electrónica lo que resulta ser todo lo contrario en este estudio.

4.3. **Potencia y torque**

La tabla 14-4 indica los valores máximos tanto del torque y potencia que se obtuvieron al realizar las pruebas en el dinamómetro como también su promedio antes y después de implementar la válvula para su posterior comparación de dichos valores y demostrar si existe un aumento o pérdida en el comportamiento del motor

Tabla 14-4: Pruebas de potencia y torque máximos

	N. PRUEBAS	POTENCIA (HP)	TORQUE (lb-ft)	PROMEDIO POTENCIA (HP)	PROMEDIO TORQUE (lb-ft)
SIN VÁLVULA	1	42.70	56.00	42.93	56.13
	2	42.90	56.00		
	3	43.20	56.40		
CON VÁLVULA	1	31.00	41.20	35.10	44.60
	2	36.20	45.80		
	3	38.10	46.80		
				-7.83	-11.53

Realizado por: Lluglla, Jonathan, 2023.

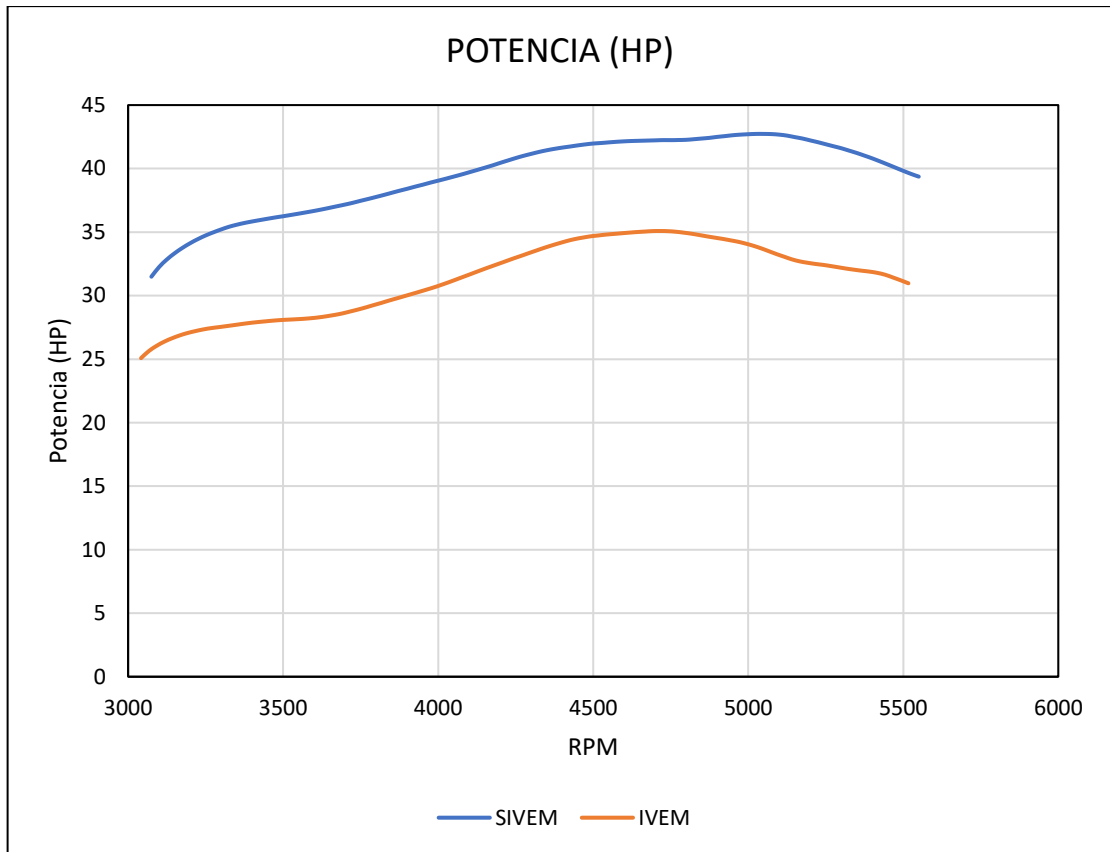


Ilustración 8-4: Variación de la potencia al implementar la válvula Marclais
Fuente: Lluglla, Jonathan, 2023.

Tabla 15-4: Prueba estadística t de Student (potencia)

	<i>SVE</i>	<i>CVE</i>
Media	42.933	35.10
Desviación estándar	0.252	3.68
Observaciones	3	3
Diferencia hipotética de las medias	0	
Varianza	0.0635	13.54
Valor T	3.68	
Valor p	0.066	

Realizado por: Lluglla, Jonathan, 2023.

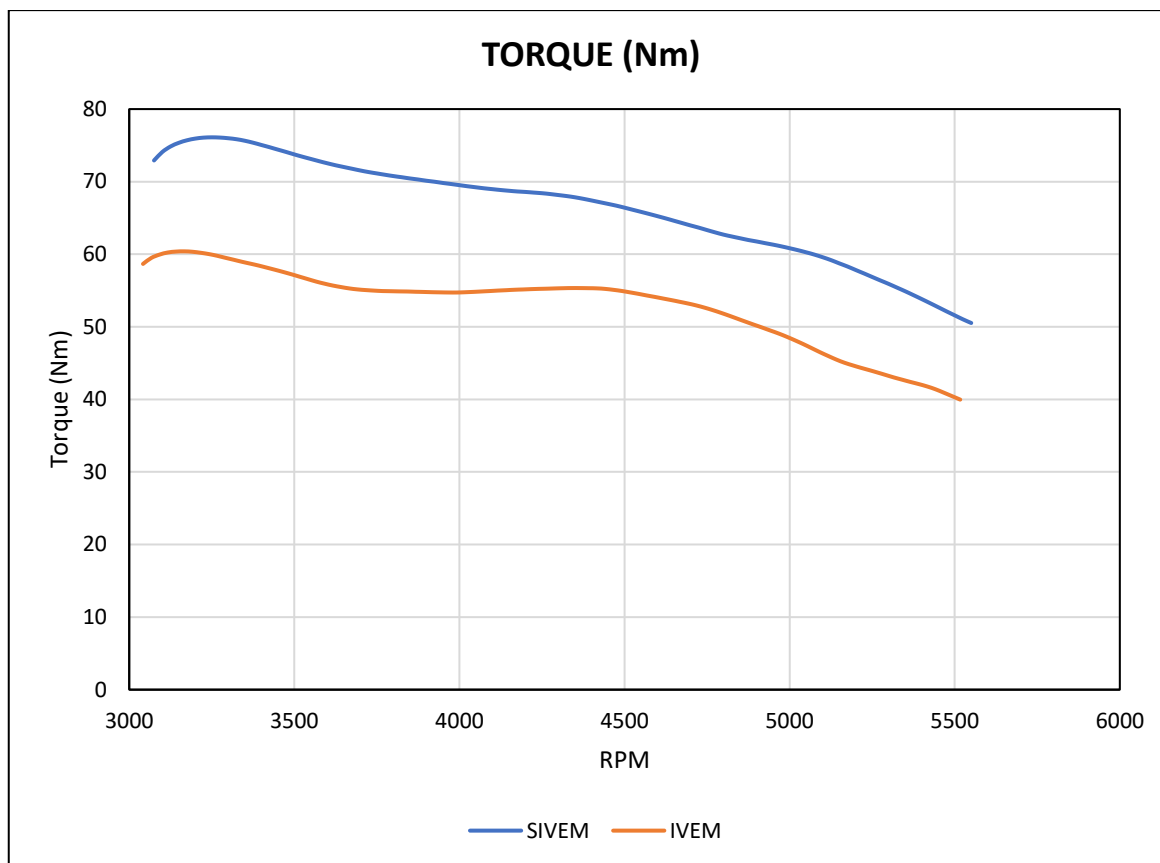


Ilustración 9-4: Variación de la potencia al implementar la válvula Marclais

Fuente: Lluglla, Jonathan, 2023.

Tabla 16-4: Prueba estadística t de Student (torque)

	<i>SVE</i>	<i>CVE</i>
Media	56.133	44.60
Desviación estándar	0.231	2.99
Observaciones	3	3
Diferencia hipotética de las medias	0	
Varianza	0.053	8.94
Valor T	6.67	
Valor p	0.022	

Realizado por: Lluglla, Jonathan, 2023.

4.3.1.1. *Discusión de la potencia y torque*

Los resultados obtenidos de las diferentes pruebas demostraron que al instalar la válvula en el vehículo hubo una pérdida tanto del torque como potencia en todas las rpm del motor, con un valor de pérdida en su máxima potencia de 7.83 HP y en su torque máximo un valor de pérdida de 11.53 lb-ft equivalente a 15.64 Nm. En comparación con lo mencionado de su fabricante (Marclais,2020), que menciona que se recupera la potencia entre un 3-5% al pisar el pedal resultado desfavorable ya que la pérdida en todas las cargas del motor fue notoria en las pruebas.

4.4. Prueba del sensor MAP

Los resultados presentados en la tabla 17-4 muestran los valores de voltajes que genera el sensor al mandar a la ECU, antes y después de implementar la válvula, además de las presiones en el instante que se midió el voltaje.



Ilustración 10-4: Recolección de datos del sensor MAP
Fuente: Lluglla, Jonathan, 2023.

Tabla 17-4: Voltajes y presiones en diferentes condiciones

		Voltaje (V)	Presión (KPa)
DESCONECTADO		4.99	
CONECTADO	KOEO	2.47	71.02
SIVEM	Relantí	2.45	24.82
	2000	2.31	22.75
	WOT	2.32	26.20
IVEM	Relantí	2.62	26.89
	2000	2.44	22.06
	WOT	2.45	22.75

Realizado por: (Lluglla, Jonathan, 2023)

4.4.1. Discusión

Al ingresar más aire en el múltiple de admisión la membrana que se encuentra en el interior del sensor tuvo una mayor deformación lo que causó una variación en su resistencia modificando su salida de voltaje, este incremento de aire se lo dio a través de la implementación de la válvula ecológica Marclais y se lo pudo comprobar al realizar las mediciones de voltaje antes y después de implementar la válvula, corroborando que dicha válvula se encuentra en funcionamiento en el vehículo.

CAPITULO 5

5. MARCO PROPOSITIVO

La válvula ecológica Marclais al ser un compensador de altura tiene la finalidad de mejorar la mezcla aire/combustible, al ser implementada en este estudio a un motor atmosférico a gasolina de 1400 cc, específicamente en el modelo Getz de la marca surcoreana Hyundai en condiciones normales de la ciudad de Riobamba se propone realizar diversos estudios en diferentes ciudades que se encuentren a altitudes similares o superiores a la del estudio presentado, así como también realizar un estudio del comportamiento de un motor de encendido por compresión (MEC) al implementar la válvula, y finalmente se propone comprobar la variación que produciría esta misma válvula en un motor a carburador.

Para realizar las pruebas en un vehículo con motor de encendido por compresión se debe implementar la válvula Marclais M-3500 y para un motor a carburador la válvula Marclais M-3000 como la usada en el estudio, que sirve para motores a gasolina. A su vez para realizar las pruebas de torque y potencia se deberá utilizar un dinamómetro dependiendo del tipo de tracción con la que cuente el vehículo, para las pruebas de emisiones contaminantes se usó el analizador de gases Kane Autoplus 4-2 y finalmente para las pruebas de ruta se las realizó con una caneca de gasolina, un filtro y una bomba adicional con las mismas características a la del vehículo y una balanza digital Camry para medir el combustible antes y después del recorrido. Para realizar el análisis de los datos obtenidos se usó la herramienta Excel.

CONCLUSIONES

- La válvula ecológica Marclais basa su funcionamiento en la succión extra de aire del ambiente mediante un diafragma que se activa al pisar el pedal del acelerador del vehículo y ayudado con la presión atmosférica a la que se encuentre funcionando dicho motor para mejorar la mezcla de la combustión.
- Una vez implementada la válvula se pudo observar mediante las pruebas en el dinamómetro que la potencia y el torque disminuyeron en todas las cargas del motor y en relación con su potencia y torque máximo se dio una reducción de 7.83 HP y 11.53 lb-ft equivalentes a 15.64 Nm respectivamente.
- El consumo de combustible luego de finalizar la ruta ESPOCH – Guano - ESPOCH de 20.5 km en la ciudad de Riobamba resultó ser desfavorable al circular con la válvula Marclais implementada en el vehículo, dando un promedio en las pruebas realizadas de 0.09 lt de consumo adicional.
- La variación en las emisiones se dio favorablemente en el monóxido de carbono que tuvo una reducción a partir de las 2000 rpm y siendo a las 4000 rpm la menor emisión de este gas con un porcentaje de 33.33%. En las emisiones de dióxido de carbono resultó beneficioso ya que aumentó considerablemente la expulsión de este gas en todas las cargas del motor que se realizaron las pruebas reduciendo así el monóxido de carbono que resulta ser perjudicial para la salud. Los hidrocarburos tuvieron un comportamiento favorable a las 2000 rpm con un valor de 48 ppm y desfavorable por el aumento del 6.7% a relantí. El oxígeno a su vez estuvo cercano al 0% indicando que hubo reducción de la emisión, corroborando así el aumento de dióxido de carbono.
- La implementación de la válvula ecológica Marclais en el vehículo es de fácil instalación debido a su diseño básico, y a su lugar de instalación, sin embargo, su funcionalidad en el vehículo Hyundai Getz de 1400 cc a 2754 m.s.n.m. mostró inconsistencias con respecto a los datos suministrados por el fabricante.

RECOMENDACIONES

- Para profundizar el estudio del funcionamiento de la válvula ecológica Marclais se sugiere realizar pruebas de emisiones contaminantes, torque, potencia y consumo a diferentes altitudes de Ecuador.
- Debido a los resultados generados en el motor del vehículo Hyundai Getz 1400 cc del año 2011 se recomienda implementar la válvula Marclais en otro tipo de vehículo con diferente cilindrada para verificar su función en diferentes motores.
- Para poder observar un comportamiento diferente de la válvula Marclais en el vehículo se recomienda realizar las diferentes pruebas con un mejor combustible en la ciudad de Riobamba.
- Para obtener parámetros más exactos acerca de las emisiones contaminantes a cualquier carga del motor se recomienda realizar una prueba dinámica para tomar los valores al conducir en una ruta con condiciones normales.

BIBLIOGRAFÍA

ASOCIACIÓN DE EMPRESAS AUTOMOTRICES DEL ECUADOR (AEADE). *ANUARIO 2021* [en línea]. 2021 Quito. [Consulta: 2 noviembre 2022]. Disponible en: <https://www.aeade.net/wp-content/uploads/2022/03/Anuario-Aeade-2021.pdf>

ANTAMBA, JAIME FERNANDO, REYES, GUILLERMO GORKY AND GRANJA, MIGUEL ESTUARDO. "Estimación basada en modelos de la economía de combustible de vehículos ligeros a gran altura". *Enfoque UTE*. [en línea]. 2016, (United State of America). Vol. 7, pp. 110–119. [Consulta: 29 octubre 2022]. ISSN 1390-6542. Disponible en: <https://journals.sagepub.com/doi/epub/10.1177/1687814019886252>

ARROYO, EDWIN SALOMÓN, CEVALLOS, ANDRÉS FELIPE, IMBAQUINGO, ROMMEL PAÚL & MELO, JORGE LUIS. "Estudio del efecto de la altitud sobre las emisiones de gases de escape de motores de combustión interna con encendido provocado". *Ingeniería y Desarrollo*. [en línea], 2020. (Colombia), Vol. 38, no. 1, pp. 148–162. [Consulta: 30 octubre 2022]. ISSN 01223461. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/inde/v38n1/2145-9371-inde-38-01-148.pdf>

AVILÉS, PAOLA & ZAMBRANO, DANIELA. *Prueba de hipótesis*. [en línea]. 2019. [Consulta: 5 diciembre 2022]. Disponible en: <https://estidistica271.blogspot.com/2019/06/prueba-de-hipotesis.html>

BASANTES, ALBA CRISTINA NÚÑEZ AND GARCÍA, ESTER HIGUERAS, 2018. "Altitude, climate variables and people's length of stay in Ecuador squares". *Urbe*. [en línea], 2018. (Madrid- España) Vol. 10, no. 2, pp. 414–425. [Consulta: 2 noviembre 2022]. ISSN 21753369. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/urbe/a/KchQzmcy9xXHLN7BtMtSBzP/?lang=es&format=pdf>

CARGUA, FABIÁN ALEJANDRO AND CASTELO, JUAN CARLOS. Determinación de la variación de par motor potencia y pérdidas mecánicas en un motor de encendido provocado (mep) en función de la presión atmosférica y temperatura ambiente a través del método de aceleración libre [En línea] (Trabajo de Titulación) (Maestría) Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2017. pp. 3-15. [Consulta: 2022-10-29]. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/17118>

CORREA, DANIEL AND LEMA, CRISTIAN. Análisis del comportamiento de la potencia efectiva medida por el método de la aceleración libre al inducir diferentes modos de fallos en un motor de combustión interna a gasolina con sistema de inyección electrónica [En línea] (Trabajo de Titulación) (Maestría) Escuela Politécnica Nacional, Quito. 2017. pp. 1-12.

[Consulta: 2022-11-08]. Disponible en:
<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/18855/1/CD-8246.pdf>

DYNOCOM, INDUSTRIES INC. *A W D 5 0 0 0 F X O* [en línea], 2021.
[Consultado 29 octubre 2022]. Disponible en:
<http://dynocom.net/Brochures/AWD5000FXbrochure.pdf>

EP-PETROECUADOR,. *Informe estadístico enero-diciembre 2021 (boletín)* Quito - Ecuador
[en línea] 2022. [Consulta: 2 diciembre 2022]. Disponible en:
<https://www.eppetroecuador.ec/wp-content/uploads/downloads/2022/03/INFORME-ESTADISTICO-ENERO-DICIEMBRE-2021.pdf>

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY. *Decarbonising road transport the role of vehicles, fuels and transport demand* [en línea], 2022. [Consultado 29 octubre 2022].
Disponible en: <https://www.eea.europa.eu/publications/transport-and-environment-report-2021>

FLÓREZ, JESÚS ANDRÉS & AGRAMUNT, ISMAEL. *Motores alternativos de combustión interna.* pp. 337-345. [en línea], 2005. [Consulta: 29 octubre 2022]. Disponible en:
<https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=MENpBgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=motores+alternativos+de+combusti%C3%B3n+interna&ots=9lqwbyb6-X8&sig=hP9zrHvyQbfxgMLX06YjLCtCvT4#v=onepage&q=motores%20alternativos%20de%20combusti%C3%B3n%20interna&f=false>

FONSECA, JONATHAN PATRICIO, GRANIZO, JUNIOR DAVID, CASTILLO, EDISON MARCELO & MONTUFAR, PAUL ALEJANDRO. "Determinación experimental de la eficiencia mecánica de un motor de combustión interna de encendido provocado por medio de las curvas de torque y potencia". *Polo de Conocimiento* [en línea], 2022, Vol. 7, pp. 1735–1759. [Consulta: 29 octubre 2022]. ISSN 2550 - 682X. Disponible en:
<https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/download/4313/10222>.

GIMEL, GRUPO. *Evaluación de válvula ecológica marclais.* Medellín. [en línea], 2010,
[Consulta: 29 octubre 2022]. Disponible en:
https://www.marclais.com/pdf/informe_pruebas_2010.pdf

HYUNDAI MOTOR COMPANY. *Manual del propietario Hyundai Getz 2011* [en línea] 2011. pp: 204 - 207. [Consulta: 2 diciembre 2022]. Disponible en: <https://manuall.es/hyundai-getz-2011/>

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS (INEC). *Anuario de Estadísticas de Transportes, 2021 (Tabulados)* [en línea]. QUITO. 2022. pp: 1-16
[Consulta: 2 diciembre 2022]. Disponible en:

https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Economicas/Estadistica%20de%20Transporte/ESTRA_2021/2021_TABULA_DOS%20ESTRA.xlsx

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS (INEC). *Anuario de Estadísticas de Transportes, 2021 (Boletín)* [en línea] . QUITO. 2022. pp: 5-6 [Consulta: 2 diciembre 2022]. Disponible en:

https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Economicas/Estadistica%20de%20Transporte/ESTRA_2021/2021_BOLETIN_ESTRA.pdf

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS (INEC). *Anuario de Estadísticas de Transportes, 2021 (Presentación)* [en línea] . QUITO. 2022. pp: 7-12 [Consulta: 2 diciembre 2022]. Disponible en:

https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Economicas/Estadistica%20de%20Transporte/ESTRA_2021/2021_ESTRA_PT.pdf

JACHERO, GALO ADRIÁN. *Levantamiento de una base de datos para el diagnóstico de fallas en motores de combustión interna ciclo OTTO con sistema MPFI mediante el análisis del sensor MAP [En línea]* (Trabajo de Titulación) Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, Ecuador. 2016. pp. 6-9. [Consulta: 2023-13-02]. Disponible en:

<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/12026/1/UPS-CT005830.pdf>

LAPUERTA, MAGÍN, ARMAS, OCTAVIO, AGUDELO, JOHN R. & SÁNCHEZ, CARLOS A., 2006. "Estudio del Efecto de la Altitud sobre el Comportamiento de Motores de Combustión Interna. Parte 1: Funcionamiento". *Información tecnológica*. [en línea], 2006, (Colombia), Vol. 17, no. 5, pp. 21–30. [Consulta: 2 noviembre 2022]. ISSN 0718-0764. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642006000500005>.

LA CASA DE LA BALANZA. *Balanza comercial de mesa CAMRY ACS-30-JC11*. [en línea]. 2019. [Consulta: 5 diciembre 2022]. Disponible en: <https://lacasadelabalanzalima.com/wp-content/uploads/2019/11/ACS-30-JC11.pdf>

MARCLAIS. *Válvula para Ahorro de Consumo de Combustible y Economizadores de Gasolina, MARCLAIS VALVULAS ECOLOGICAS*, Bogota, Colombia. [en línea]. 2020. [Consulta: 29 octubre 2022]. Disponible en: <https://www.marclais.com/>

MICROSOFT. *Tareas básicas en Excel*. [en línea] 2021. [Consulta: 6 enero 2021]. Disponible en: <https://support.microsoft.com/es-es/office/tareas-b%C3%A1sicas-en-excel-dc775dd1-fa52-430f-9c3c->

[d998d1735fca#:~:text=Excel%20es%20una%20herramienta%20muy,la%20cuadr%C3%ADcula%20de%20las%20celdas.](#)

MINITAB. *Acerca de nosotros.* [en línea] 2021. [Consulta: 6 enero 2021]. Disponible en:

<https://www.minitab.com/es-mx/about-us/>

MONTÚFAR, PAÚL ALEJANDRO, PALMAY, PAUL GUSTAVO & FREIRE, ROSARIO DEL PILAR. "Caracterización De Los Óxidos De Nitrógeno". *Polo del Conocimiento* [en línea], 2020, Ecuador, Vol. 5, pp. 254–270. [Consulta: 2 noviembre 2022]. ISSN: 2550 -682X. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7398380.pdf>

NORMAS TÉCNICAS ECUATORIANAS INEN 2 203:2000. *Gestión ambiental. Aire. Vehículos automotores. Determinación de la concentración de emisiones de escape en condiciones de marcha mínima o "ralenti". Prueba estática.* Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2203.pdf>

NORMAS TÉCNICAS ECUATORIANAS INEN 2204, 2017. *Gestión ambiental aire vehículos automotores límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres que emplean gasolina* Online. Quito. Disponible en: https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_2204-2.pdf

PADILLA, CELIN ABAD, BUENAÑO, LUIS FERNANDO, CUAICAL, BOLÍVAR ALEJANDRO & TACLE, DIEGO ARMANDO. "Análisis del torque y potencia de un motor de combustión interna con mezcla de etanol gasolina en diferentes concentraciones y la influencia en el sistema de inyección". *Dominio de las Ciencias* [en línea], 2021, (Ecuador) Vol. 7, pp. 1482–1499. [Consulta: 29 octubre 2022]. ISSN 2477-8818. Disponible en: DOI <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v7i3.2070>.

PAYRI, FRANCISCO. AND DESANTES, JOSÉ MARÍA. *Motores de combustión interna alternativos* [en línea]. Universitat Politècnica de València, 2011. [Consulta: 29 octubre 2022] pp. 416-443. ISBN 9788483637050. Disponible en: https://gdocu.upv.es/alfresco/service/api/node/content/workspace/SpacesStore/130ad267-fe67-4ec7-8363-51b16ffe11a6/TOC_0809_04_01.pdf?guest=true

PÉREZ, DIEGO. "Estudio De Emisiones Contaminantes Utilizando Combustibles Locales Study of Polluting Emissions Using Local Fuels". *INNOVA Research Journal.* [En línea], 2017, (Ecuador). Vol. 2, no. 23, pp. 34. [Consulta: 29 octubre 2022]. ISSN 2477-9024. Disponible en: https://www.theicct.org/sites/default/files/ICCT_RefiningTutorial_Spanish.pdf

PROFERMACO. *Catálogo CAMRY.* [en línea]. 2022. [Consulta: 5 diciembre 2022]. Disponible en: <https://profermaco.com.ec/wp-content/uploads/2022/04/catalogo-camry.pdf>

SÁNCHEZ, ALBERTO. "t-Student. Usos y abusos". *Revista Mexicana de Cardiología* [en línea], 2015. Vol. 26,no. 01 pp. 59–61. [Consulta: 6 diciembre 2022]. Disponible en: <https://www.scielo.org.mx/pdf/rmc/v26n1/v26n1a9.pdf>

SCIENTIFIC EUROPEAN. *Prueba "t" de Student* [en línea]. 2019. [Consulta: 06 diciembre 2022]. Disponible en: <https://www.scientific-european-federation-osteopaths.org/wp-content/uploads/2019/01/Prueba-t-de-Student.pdf>

SERVICIO DE ACREDITACIÓN ECUATORIANO (SAE). J1321_202010: Procedimiento de prueba de consumo de combustible - Tipo II - SAE International. [en línea]. 2022. [Consulta: 29 octubre 2022]. Disponible en: https://www-sae-org.translate.goog/standards/content/j1321_202010/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es-419&_x_tr_pto=sc

SERVICIO DE ACREDITACIÓN ECUATORIANO (SAE). J1349:2005. Acerca de la energía certificada SAE J1349 SAE International. [en línea]. 2022. [Consulta: 16 diciembre 2022]. Disponible en: <https://www.sae.org/standards/development/about-saej1349-certified-power/>

TORRES, ALEXANDER EMANUEL & MEDINA, ANDRÉS ENRIQUE. *Sistema de reducción de emisiones contaminantes procedentes de motores de combustión interna mediante tratamiento post combustión por descarga de barrera dieléctrica [En línea]* (Trabajo de Titulación) (Maestría) Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, Ecuador. 2017. pp. 26-28. [Consulta: 2022-10-29]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/13797/1/UPS-CT006949.pdf>

TRUPER. *Instructivo multímetro digital TRUPER MUT-830 Manual*. México [en línea] . 2012. pp. 1–7. [Consulta: 13 febrero 2023]. Disponible en: <https://www.truper.com/admin/descargables/manual/10400.pdf>

UEI TEST INSTRUMENTS. *AUTOPLUS 4-2 Manual English*. USA [en línea] . 2015. pp. 32–33. [Consulta: 2 diciembre 2022]. Disponible en: https://www.ueitest.com/e-commerce/site/content/PDFs/AUTOPLUS%204-2/AUTOPLUS%204-2_5-2%20Manual%20English.pdf

ANEXOS

ANEXO A: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LAS VARIABLES

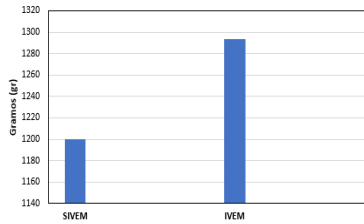
	N° PRUEBA	PESO INICIAL (gr)	PESO FINAL (gr)	CONSUMO (gr)	HORA DE INICIO	HORA DE LLEGADA	TIEMPO (min)	CONSUMO (gr)	CONSUMO (gal)	CONSUMO (lt)	PROMEDIO (gr)	PROMEDIO (gal)	PROMEDIO (lt)	DIFERENCIA (gr)	DIFERENCIA (gal)	DIFERENCIA (lt)
SIVEM	1	7710	6660	1050	17:17:16	17:51:23	0:34:09	1050	0.2773785	1.04849073	1200.00	0.317004	1.198	93.33	0.02	0.09
	2	7700	6240	1460	18:03:42	18:39:46	0:36:04	1460	0.3856882	1.457901396						
	3	7680	6590	1090	18:48:29	19:26:42	0:38:13	1090	0.2879453	1.088433234						
IVEM	1	7770	6550	1220	17:24:38	17:59:47	0:35:09	1220	0.3222874	1.218246372	1293.33	0.341660	1.291	93.33	0.02	0.09
	2	7800	6270	1530	18:04:06	18:42:45	0:38:39	1530	0.4041801	1.527800778						
	3	7760	6690	1130	18:44:02	19:21:28	0:37:26	1130	0.2985121	1.128375738						

1 gramo es igual a 0.00026417 galones estadounidenses (líquidos).

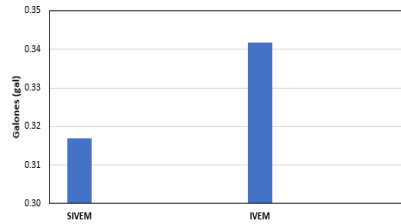
gramos galones
7736.666667 2
3868.333333 1

0.00026417 gal

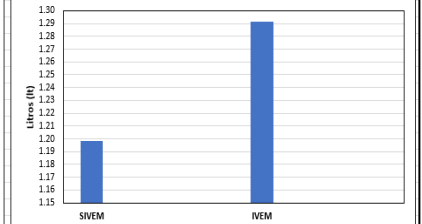
CONSUMO DE COMBUSTIBLE (gr)



CONSUMO DE COMBUSTIBLE (gal)



CONSUMO DE COMBUSTIBLE (lt)



	RPM	N° PRUEBAS	PROMEDIOS					DIFERENCIAS				RPM			
			CO (%)	CO ₂ (%)	HC (ppm)	O ₂ (%)	CO (%)	CO ₂ (%)	HC (ppm)	O ₂ (%)					
PRUEBA SIN VÁLVULA	790	1	0.02	11.2	63	3.56	0.05	11.00	59.00	3.71	-0.05	-4.90	-4.00	3.71	750
		2	0.12	10.7	52	3.95									
		3	0.02	11.1	62	3.63									
	2000	1	0.08	13.1	63	0.32	0.08	13.07	62.00	0.25	0.03	-2.60	14.00	-8.30	2000
		2	0.09	13.1	61	0.16									
		3	0.08	13	62	0.27									
4000	1	0.05	13.5	30	0.00	0.06	13.43	35.33	0.01	0.02	-2.47	0.33	0.01	4000	
	2	0.07	13.4	44	0.03										
	3	0.06	13.4	32	0.00										
PRUEBA CON VÁLVULA	790	1	0.14	16.1	68	0.00	0.10	15.90	63.00	0.00					
		2	0.02	15.8	62	0.00									
		3	0.14	15.8	59	0.00									
	2000	1	0.12	15.5	54	1.66	0.06	15.67	48.00	0.55					
		2	0.03	15.6	44	0.00									
		3	0.02	15.9	46	0.00									
	4000	1	0.08	16.1	36	0.00	0.04	15.90	35.00	0.00					
		2	0.00	15.7	31	0.00									
		3	0.03	15.9	38	0.00									

	PRUEBA	POTENCIA (HP)	MEDIA	DIFERENCIA	PRUEBA	TORQUE (lbf)	MEDIA	DIFERENCIA	Media Nm	Nm
SIN VALVULA	1	42.70	42.93	-7.83	1	56.00	56.13	-11.53	76.105573	-15.636893
	2	42.90			2	56.00				
	3	43.20			3	56.40				
CON VALVULA	1	31.00	35.10	-7.83	1	41.2	44.60	-11.53	60.46868	-15.636893
	2	36.20			2	45.8				
	3	38.10			3	46.8				
RESULTADOS										
		POTENCIA	7.83 HP					PERDIDA		
		TORQUE	11.53 lbf			15.64 Nm		GANANCIA		

Realizado por: Lluglla Jonathan (2023)



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 2 203:2000

**GESTIÓN AMBIENTAL. AIRE. VEHÍCULOS
AUTOMOTORES. DETERMINACIÓN DE LA
CONCENTRACIÓN DE EMISIONES DE ESCAPE EN
CONDICIONES DE MARCHA MÍNIMA O “RALENTI”.
PRUEBA ESTÁTICA.**

Primera Edición

ENVIRONMENTAL MANAGEMENT. AIR. MOTOR VEHICLES. DETERMINATION OF CONCENTRATION OF EXHAUST EMISSIONS IN MINIMUM SPEED CONDITIONS OR RALENTI STATIC TEST.

First Edition

4. DISPOSICIONES GENERALES

4.1 Los importadores y distribuidores de equipos de medición de emisiones deben obtener una certificación de cumplimiento, expedida por la casa fabricante o propietaria del diseño del equipo o de un laboratorio autorizado por ella y avalada por la autoridad competente del país de origen. El procedimiento de evaluación base para certificar los equipos de medición a ser utilizados debe cumplir con la International Recommendation OIML R 99.

4.2 Los importadores y distribuidores están obligados a suministrar copia de la certificación establecida en el numeral 4.1, a quienes adquieran los equipos.

4.3 La autoridad competente, podrá en cualquier momento verificar la legalidad de las certificaciones presentadas por los importadores y distribuidores, sobre el cumplimiento de los requisitos establecidos en esta norma, así como las características de funcionamiento de los equipos y procedimientos utilizados para determinar la concentración de emisiones de escape en condiciones de marcha mínima o "ralenti", prueba estática.

5. MÉTODO DE ENSAYO

5.1 Fundamento.

5.1.1 El principio de operación se basa en la absorción de luz infrarroja no dispersa de gases para la determinación de hidrocarburos, monóxido y dióxido de carbono.

5.1.1.1 El oxígeno se mide utilizando una celda de combustible (fuel cell). Esto no excluye el uso de equipos con otro principio de operación, siempre y cuando sean homologados.

5.2 Equipos

5.2.1 Ver numeral 4, Disposiciones Generales.

5.2.2 Capacidad de autocalibración. Los equipos de medición deben tener incorporada la función propia de autocalibración, la cual se debe realizar automáticamente cada vez que el equipo es encendido, o manualmente cada vez que el usuario lo requiera.

5.2.3 Los equipos de medición deben contar con un dispositivo de impresión directa de los resultados y de la identificación del vehículo automotor medido.

5.2.4 Los equipos deben contar con un tacómetro para la medición de las revoluciones del motor.

5.2.5 El equipo debe disponer de características de seguridad que garanticen la protección del operador.

5.3 Calibración

5.3.1 La calibración del equipo se debe realizar siguiendo estrictamente las especificaciones de frecuencia del fabricante del equipo. En caso que éstas no estén disponibles, la calibración se debe realizar, como máximo, cada tres meses.

5.3.2 El equipo se debe calibrar luego de cada mantenimiento correctivo.

5.3.3 La calibración anterior es independiente de la autocalibración automática que realiza el equipo cada vez que es encendido.

5.3.4 El gas de calibración debe cumplir con los requisitos establecidos en la norma ISO 6145. Este gas debe contar con una certificación emitida por el fabricante, de acuerdo con lo establecido en la norma anteriormente indicada.

(Continúa)

5.4 Procedimiento de medición

5.4.1 Antes de la prueba, realizar las verificaciones siguientes:

5.4.1.1 Someter al equipo a un período de calentamiento y estabilización, según las especificaciones del fabricante.

5.4.1.2 Retirar todo material en forma de partículas y eliminar toda substancia extraña o agua, que se hayan acumulado en la sonda de prueba y que puedan alterar las lecturas de la muestra.

5.4.1.3 Revisar que la transmisión del vehículo esté en neutro (transmisión manual) o parqueo (transmisión automática).

5.4.1.4 Revisar que el control manual del ahogador (choque), no se encuentre en operación, y que los accesorios del vehículo (luces, aire acondicionado, etc.), estén apagados.

5.4.1.5 Revisar en el vehículo que el sistema de escape se encuentre en perfectas condiciones de funcionamiento y sin ninguna salida adicional a las del diseño que provoque dilución de los gases de escape o fugas de los mismos. Las salidas adicionales a las contempladas en el diseño original no deben ser aceptadas, aunque éstas se encuentren bloqueadas al momento de la prueba.

5.4.1.6 Si el vehículo no cumple con las condiciones establecidas en el numeral 5.4.1.5, la prueba no se debe realizar hasta que se corrijan aquellas.

5.4.1.7 Revisar que el nivel de aceite en el cárter esté entre el mínimo y máximo recomendado por el fabricante, con el motor apagado y el vehículo en posición horizontal.

5.4.1.8 Encender el motor del vehículo y verificar que se encuentre a la temperatura normal de operación.

5.4.2 Medición

5.4.2.1 Conectar el tacómetro del equipo de medición al sistema de encendido del motor y verificar las condiciones de marcha mínima o "ralenti".

5.4.2.2 Con el motor a temperatura normal de operación y en condición de marcha mínima o "ralenti", introducir la sonda de prueba en el punto de salida del sistema de escape del vehículo. Tener la seguridad de que la sonda permanezca fija dentro del sistema de escape mientras dure la prueba.

5.4.2.3 Esperar el tiempo de respuesta del equipo de medición dado por cada fabricante.

5.4.2.4 Imprimir las lecturas estabilizadas de las emisiones medidas.

5.4.2.5 Si, por diseño, el vehículo tiene doble sistema de escape, medir por separado cada salida. El valor del resultado final será la mayor lectura registrada.

5.5 Informe de resultados

5.5.1 El resultado final será la mayor lectura registrada de los valores de las lecturas obtenidas en el numeral 5.4.2.4.

5.5.2 La institución que realiza la prueba debe emitir un informe técnico con los resultados de la misma, adjuntado el documento de impresión directa del equipo de medición.

(Continúa)

ANEXO C: NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2204



**NORMA
TÉCNICA
ECUATORIANA**

NTE INEN 2204

Segunda revisión
2017-01

**GESTIÓN AMBIENTAL. AIRE. VEHÍCULOS AUTOMOTORES.
LÍMITES PERMITIDOS DE EMISIONES PRODUCIDAS POR
FUENTES MÓVILES TERRESTRES QUE EMPLEAN GASOLINA**

ENVIRONMENTAL MANAGEMENT. AIR. MOTOR VEHICLES. EMISSIONS PERMITTED LEVELS
PRODUCED BY ROAD MOVABLE SOURCES USING GASOLINE

3.13**temperatura normal de operación**

Temperatura que alcanza el motor después de operar un mínimo de 10 minutos en marcha mínima (ralentí), o cuando en estas mismas condiciones, la temperatura del aceite en el cárter del motor alcance 75 °C o más. En las fuentes móviles equipadas con electroventilador, esta condición es confirmada después de operar un ciclo.

3.14**vehículo automotor**

Vehículo de transporte terrestre, de carga o de pasajeros, que se utiliza en la vía pública, propulsado por su propia fuente motriz.

3.15**vehículo prototipo**

Vehículo de desarrollo o nuevo, representativo de la producción de un nuevo modelo.

3.16**categoría M**

Vehículos automotores de cuatro ruedas o más diseñados y construidos para el transporte de pasajeros.

3.17**categoría N**

Vehículos motorizados de cuatro ruedas o más diseñados y construidos para el transporte de mercancías.

3.17.1**subcategoría N1**

Vehículos motorizados cuyo PBV no exceda de 3500 kg.

NOTA. En lo que respecta a la relación entre el peso de referencia del vehículo y la inercia equivalente que ha de emplearse, conviene conformar las definiciones de los pesos de los vehículos de las clases I, II y III de la categoría N1 con las de la Directiva 96/44/CE.

4. REQUISITOS**4.1 Límites máximos de emisiones permitidos para fuentes móviles con motor de gasolina. Marcha mínima o ralentí (prueba estática)**

Toda fuente móvil con motor de gasolina, durante su funcionamiento en condición de marcha mínima o ralentí y a temperatura normal de operación, no debe emitir al aire monóxido de carbono (CO) e hidrocarburos (HC) en cantidades superiores a las señaladas en la Tabla 1.

TABLA 1. Límites máximos de emisiones permitidos para fuentes móviles con motor de gasolina. Marcha mínima o ralentí (prueba estática)

Año modelo	% CO ^a		ppm HC ^a	
	0 - 1500 ^b	1500 - 3000 ^b	0 - 1500 ^b	1500 - 3000 ^b
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

^a Volumen
^b Altitud = metros sobre el nivel del mar (msnm).

4.2 Límites máximos de emisiones para fuentes móviles de gasolina. Ciclos FTP-75 (prueba dinámica)

Toda fuente móvil que emplea gasolina no podrá emitir al aire monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (THC), hidrocarburos diferentes al metano (NMHC), óxidos de nitrógeno (NOx), en cantidades superiores a las indicadas en la Tabla 2.

TABLA 2. Límites máximos de emisiones para fuentes móviles con motor de gasolina (prueba dinámica) (ciclos americanos FTP-75, g/mi)

Categoría	50,000 millas/5 años				100,000 millas/10 años ^a			
	CO g/mi	THC g/mi	NMHC g/mi	NOx g/mi	CO g/mi	THC g/mi	NMHC g/mi	NOx g/mi
Vehículos de pasajeros	3,4	0,41	0,25	0,4	4,2	-	0,31	0,6
LLDT, LVW < 3750 lbs	3,4	-	0,25	0,4	4,2	0,80	0,31	0,6
LLDT, LVW > 3750 lbs	4,4	-	0,32	0,7	5,5	0,80	0,40	0,97
HLDLT, ALVW < 5750 lbs	4,4	0,32	-	0,7	6,4	0,80	0,46	0,98
HLDLT, ALVW > 5750 lbs	5,0	0,39	-	1,1	7,3	0,80	0,56	1,53

^a Vida útil 120,000 millas/11 años para todos los estándares HLDLT, THC y LDT.

Abreviaturas:
 PBV Peso bruto vehicular
 LVW Peso del vehículo cargado (tara + 300 lbs)
 ALVW LVW ajustado (promedio numérico de la tara y el PBV)
 LDT Camión ligero
 LLDT Camión liviano ligero (debajo de 6000 lbs PBV)
 HLDLT Camión ligero pesado (sobre 6000 lbs PBV)

4.3 Límites máximos de emisiones para fuentes móviles de gasolina. (prueba dinámica)

Toda fuente móvil con motor de gasolina no debe emitir al aire monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC), óxidos de nitrógeno (NOx), y emisiones evaporativas, en cantidades superiores a las indicadas en la Tabla 3.

TABLA 3. Límites máximos de emisiones para fuentes móviles con motor de gasolina (prueba dinámica) (Directiva de la UE 98/69/CE)

Categoría	Clase	Peso de referencia (PR) kg	CO g/km	HC g/km	HC + NOx g/km	NOx	Ciclo de prueba
M ^a	-	Todas	2,3	0,2	-	0,15	ECE + EUDC (también conocido como MVEG-A)
N1 ^b	I	PR ≤ 1 305	2,3	0,2	-	0,15	
	II	1 350 < PR ≤ 1 760	4,17	0,25	-	0,18	
	III	1 760 < PR	5,22	0,29	-	0,21	

^a Salvo los vehículos cuyo peso máximo sobrepase 2500 kg.
^b Y los vehículos de la categoría M que sobrepasen 2500 kg.

5. MÉTODOS DE ENSAYO

Para la determinación de la concentración de emisiones del tubo de escape en condiciones de marcha mínima o ralentí, seguir el procedimiento descrito en NTE INEN 2203.