



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR MITSUBISHI 4G54 LUEGO DE LA
IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE INYECCIÓN MONOPUNTO COOLANT**

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

AUTORES: ERICK JOEL GUTIERREZ SANCHEZ

JEISON OSWALDO ROBLES LOAYZA

TUTOR: ING. JUAN FERNANDO CHICA SEGOVIA, MSc.

Cuenca - Ecuador

2023

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Erick Joel Gutierrez Sanchez con documento de identificación N° 0107417487 y Jeison Oswaldo Robles Loayza con documento de identificación N° 0750574881; manifestamos que:

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

Cuenca, 04 de enero del 2023

Atentamente,



Erick Joel Gutierrez Sanchez

0107417487



Jeison Oswaldo Robles Loayza

0750574881

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

Nosotros, Erick Joel Gutierrez Sanchez con documento de identificación N° 0107417487 y Jeison Oswaldo Robles Loayza con documento de identificación N° 0750574881, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto técnico: “Análisis del funcionamiento del motor Mitsubishi 4G54 luego de la implementación de un sistema de inyección Monopunto Coolant”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Automotriz, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

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

Cuenca, 04 de enero del 2023

Atentamente,



Erick Joel Gutierrez Sanchez

0107417487



Jeison Oswaldo Robles Loayza

0750574881

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Juan Fernando Chica Segovia con documento de identificación N° 0102220654, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR MITSUBISHI 4G54 LUEGO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE INYECCIÓN MONOPUNTO COOLANT, realizado por Erick Joel Gutierrez Sanchez con documento de identificación N° 0107417487 y por Jeison Oswaldo Robles Loayza con documento de identificación N° 0750574881, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 04 de enero del 2023

Atentamente,



Ing. Juan Fernando Chica Segovia, MSc.

0102220654

DEDICATORIA

El presente proyecto les dedico a mi mamá Gladis Sanchez por su amor, paciencia, confianza, por inculcar en mí el esfuerzo y valentía para no temer a las adversidades, por su apoyo incondicional en toda mi vida, por haber creído en mí y que hoy se ve reflejado en toda mi carrera. A mi papá por su apoyo incondicional.

A mis abuelos Honorio Sanchez y Etelvina Guerrero por su cariño y apoyo durante todo este proceso y nunca olvidarse de mí.

De la misma manera a mis tíos Iván Guerra, Alicia Sanchez y Sonia Sanchez, por su apoyo incondicional, consejos y palabras de aliento que me ayudaron en este transcurso.

Finalmente, a toda mi familia a mi hermano Michael Jara, a mis tíos, Guillermo Guanga, Fabian Sanchez, Elías Sanchez y Mélida Heras, a mis primos, Sahian Guanga, Madelaine Guanga y Emanuel Gutierrez y demás allegados me motivaron a culminar mi carrera.

Erick Joel Gutierrez Sanchez

DEDICATORIA

El presente proyecto les dedico a mis padres Wilman Robles y Dora Loayza por su apoyo incondicional en toda mi vida, por su paciencia, confianza, por haberme dado esta oportunidad de superarme, por inculcar excelentes valores, por sus consejos, apoyo y por su sacrificio que hoy se ve reflejado en toda mi carrera.

Así mismo se lo dedico a mis abuelos Hernán Loayza, Dora Ayala, Octavio Robles, Orfa Vivanco por confiar y apoyarme en cada momento, por la atención, el cariño y amor brindado, por nunca olvidarse de mí.

De igual forma le dedico a mis hermanos, Dara Robles, Mayerli Robles, Andy Robles y mis sobrinos Juan Ruíz y Thiago Ruíz que han sido mi alegría y mi motivo para salir adelante.

Finalmente, a toda mi familia, mis tíos, primos, Nixon Robles, Jazmín Loayza, Manuel Vargas, Ariana Robles, Diego Azuero, Kevin Robles, Maikel Azuero y demás allegados que de una u otra forma me motivaron a culminar mi carrera.

Jeison Oswaldo Robles Loayza

AGRADECIMIENTO

Primeramente, agradezco a Dios por haberme guiado en este proceso y por no haberme dejado vencer de los obstáculos presentados, a mis padres por haberme apoyado en todo el transcurso de mi estudio y que hoy en día se ve reflejado todo este esfuerzo, empezando con un sueño inalcanzable y que hoy en día lo he cumplido con mucho esfuerzo y dedicación. Agradezco a toda mi familia por confiar en mí y por sus palabras de aliento que me ayudaron en muchas ocasiones para seguir adelante y culminar mis estudios.

Agradezco a mi tutor Ing. Juan Fernando Chica Segovia y al Ing. Néstor Diego Rivera Campoverde por su acompañamiento y enseñanza brindada durante este proyecto.

Erick Joel Gutierrez Sanchez

AGRADECIMIENTO

Primeramente, a Dios por no haberme dejado caer en ninguno de los obstáculos que se presentaron, por darme las fuerzas necesarias para continuar con este proyecto de investigación, a mis padres por haberme obsequiado este regalo como es el estudio, y que ahora vean el resultado de cada uno de los días transcurridos dentro de las aulas, que hace varios años solo se veía como un sueño pero que ahora es una de las metas que se ha culminado y que sé que vendrán más en un futuro. Agradezco a toda mi familia por confiar en mí y por su apoyo incondicional para terminar mis estudios.

A nuestro tutor Ing. Juan Fernando Chica Segovia y Néstor Diego Rivera Campoverde por su asesoría y disposición, quien que con sus conocimientos y apoyo durante cada una de las etapas de este proyecto.

Jeison Oswaldo Robles Loayza

RESUMEN

El presente proyecto tuvo como objetivo analizar el funcionamiento del motor 4G54 Mitsubishi a carburador posterior a la implementación de un sistema de inyección Monopunto Coolant. Contiene un método descriptivo y analítico, por medio de una comparación entre el sistema a carburador y el sistema de inyección Monopunto Coolant. Además, las variables de entrada fueron el adelanto al encendido, apertura de bujías y el factor lambda para determinar las variables de salida como la potencia, torque, consumo de combustible y emisiones de gases contaminantes de los cuales se tomó distintas pruebas. Los instrumentos empleados para las pruebas de funcionamiento fue un banco dinamométrico MAHA LPS 3000, para medir potencia y torque, un flujómetro para determinar el consumo de combustible, un medidor de gases QGA-6000 para conocer las emisiones del motor y materiales de apoyo como software para el diseño de los acoples. El análisis realizado de los dos sistemas fue procesado en un software de ingeniería, comparándolos mediante cuadros de resultados, mismos que fueron obtenidos durante las pruebas de funcionamiento, concluyendo que la implementación del sistema de inyección Monopunto Coolant mejora el funcionamiento general del motor.

Palabras claves: banco dinamométrico, combustible, consumo, gases contaminantes, mezcla estequiométrica, potencia, torque.

ABSTRACT

The objective of this project was to analyze the performance of the 4G54 Mitsubishi carburetor engine after the implementation of the Coolant Throttle body injection system. It contains a descriptive and analytical method, by means of a comparison between the carburetor system and the Throttle body Coolant injection system. In addition, the input variables were the ignition advance, spark plug opening and lambda factor to determine the output variables such as power, torque, fuel consumption and pollutant gas emissions, from which different tests were taken. The instruments used for the performance tests were a MAHA LPS 3000 dynamometer to measure power and torque, a flow meter to determine fuel consumption, a QGA-6000 gas meter to determine engine emissions and support materials such as software for the design of the couplings. The analysis of the two systems was processed in an engineering software, comparing them by means of results tables, which were obtained during the operation tests, concluding that the implementation of the Coolant the Throttle body injection system improves the general operation of the engine.

Key words: dynamometer, fuel, consumption, pollutant gases, stoichiometric mixture, power, torque.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTO	VI
RESUMEN	VIII
ABSTRACT.....	IX
TABLA DE ILUSTRACIONES.....	XV
LISTA DE TABLAS	XIX
TABLA ECUACIONES.....	XX
INTRODUCCIÓN	XXI
PROBLEMA.....	XXII
1. Antecedentes	XXII
2. Importancia y Alcances.....	XXIII
3. Delimitación.....	XXIII
OBJETIVOS	XXV
Objetivo General.....	XXV
Objetivos Específicos.....	XXV
DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR MITSUBISHI 4G54	1
1. Generalidades del sistema de alimentación de combustible del motor 4G54 Mitsubishi	1
2. Especificaciones técnicas del motor 4G54 Mitsubishi.....	1

3.	Conversión de sistemas de carburador a inyección.....	2
4.	Sistema de inyección Monopunto	2
5.	Componentes del sistema de inyección electrónica	3
1.	Depósito de combustible	4
2.	Bomba eléctrica	4
3.	Filtro de gasolina	5
4.	Regulador de presión	6
5.	Válvula para el control del aire IAC.....	6
6.	Sensor captador de presión absoluta MAP.....	7
7.	Sensor de posición del acelerador TPS	8
8.	Sensor de temperatura del motor CTS	8
9.	Sensor de revoluciones por minuto	9
10.	Módulo de control de inyección Coolant.....	10
11.	Distribuidor electrónico	11
12.	Llave de contacto	11
13.	Batería	12
14.	Inyector electromagnético.....	13
	Fallas comunes en el sistema de inyección Monopunto	13
6.	Ventajas del sistema de inyección electrónica Monopunto Coolant.....	15
7.	Consumo de combustible en un sistema de inyección Monopunto	15

8.	Proceso de medición de consumo de combustible	16
	Método volumétrico	16
9.	Torque en vehículos a gasolina	17
10.	Potencia en vehículos a gasolina.....	20
11.	Proceso de medición de torque y potencia	21
	Banco de potencia estacionario.....	21
12.	Contaminación producida por el parque automotor	22
13.	Proceso de medición de gases emanados por el escape del vehículo.....	22
	Medidor de gases portátiles	22
<p>PROCESO DEL DISEÑO DE BASE Y ACOPLAMIENTOS MEDIANTE EL USO DE SOFTWARE PARA EL SISTEMA DE INYECCIÓN MONOPUNTO COOLANT</p>		
14.	ANÁLISIS DE COMPORTAMIENTOS EN ANSYS	26
15.	CÁLCULO MEDIANTE ELEMENTOS FINITOS	26
16.	COMPORTAMIENTO DE TEMPERATURA	27
17.	COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL	29
	Esfuerzo normal	31
	Deformación total	32
	Factor de seguridad	33
18.	FABRICACIÓN DE LOS ACOPLAMIENTOS DISEÑADOS	35

PROCESO DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE INYECCIÓN MONOPUNTO COOLANT EN EL MOTOR MITSUBISHI 4G54	36
1. Desconectar el negativo de la batería.....	36
2. Desmontaje del depurador.....	36
3. Desmontaje del carburador.....	37
4. Desmontaje de la batería	38
5. Desmontaje del múltiple de admisión y proceso de manufactura.....	38
6. Adaptación del sensor de temperatura	39
7. Desmontaje de la bomba de combustible mecánica y proceso de colocación del acople fabricado.....	40
8. Colocación de módulo de inyección Coolant y cableado	40
9. Montaje del múltiple de admisión, placa, cuerpo TBI.	41
10. Adaptación de la bomba de combustible eléctrica	42
11. Adaptación del captador en el distribuidor	42
12. Implementación del módulo de encendido externo.....	43
13. Conexión de los sensores	44
14. Conexión de la batería y alimentación hacia el módulo de inyección Coolant...	44
15. Montaje del depurador	45
ANÁLISIS DE FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR MITSUBISHI 4G54 CON LOS DOS SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE.....	46

1. Generalidades para la medición de potencia y torque, gases contaminantes y consumo de combustible.....	47
Medición de potencia y torque.....	47
Medición de gases contaminantes	47
Medición de consumo de combustible.....	48
2. Análisis del motor Mitsubishi 4G54 con el sistema de alimentación a carburador	49
Análisis de potencia	52
Análisis de fuerza tractora	53
Análisis de consumo.....	53
Análisis CO.....	54
Análisis HC.....	55
Análisis O2.....	56
Análisis lambda	56
3. Análisis del motor Mitsubishi 4G54 con el sistema de alimentación a inyección	
Monopunto Coolant	57
Análisis de potencia	59
Análisis de fuerza tractora	60
Análisis de consumo.....	62
Análisis CO.....	63
Análisis HC.....	64
Análisis CO2.....	66

Análisis O2.....	67
Optimización de respuesta	68
RESULTADOS DEL MOTOR MITSUBISHI 4G54 A CARBURADOR Y CON LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE INYECCIÓN MONOPUNTO COOLANT 70	
Potencia y torque.....	72
Consumo de combustible	72
Gases contaminantes.....	73
CONCLUSIONES	74
RECOMENDACIONES.....	75
BIBLIOGRAFÍA	76
ANEXOS	77

TABLA DE ILUSTRACIONES

Figura 1 <i>Ubicación de la UPS</i>	XXIV
Figura 2 <i>Esquema electrónico de un sistema de inyección monopunto</i>	3
Figura 3 <i>Depósito de combustible del motor Mitsubishi 4G54</i>	4
Figura 4 <i>Bomba eléctrica</i>	5
Figura 5 <i>Filtro de combustible</i>	5
Figura 6 <i>Regulador de presión en el TBI</i>	6
Figura 7 <i>Válvula IAC en el TBI</i>	7
Figura 8 <i>Sensor MAP</i>	7

Figura 9 <i>Sensor TPS</i>	8
Figura 10 <i>Sensor CTS</i>	9
Figura 11 <i>Sensor de RPM</i>	9
Figura 12 <i>Módulo de inyección Coolant</i>	10
Figura 13 <i>Distribuidor electrónico</i>	11
Figura 14 <i>Llave de contacto del vehículo Mitsubishi Montero 4G54</i>	12
Figura 15 <i>Batería</i>	12
Figura 16 <i>Inyector electromagnético en el TBI</i>	13
Figura 17 <i>Flujómetro</i>	17
Figura 18 <i>Determinación de torques en el vehículo</i>	18
Figura 19 <i>Flujo de torque</i>	19
Figura 20 <i>Torque generado en un esquema</i>	20
Figura 21 <i>Presentación de un vehículo en un banco de potencia estacionario</i>	21
Figura 22 <i>Medidor de gases QGA-6000</i>	23
Figura 23 <i>Diseño de la placa que soporta al TBI</i>	24
Figura 24 <i>Diseño de la placa que reemplaza a la bomba de gasolina mecánica</i>	24
Figura 25 <i>Diseño del acoplamiento entre en depurador y el TBI</i>	25
Figura 26 <i>Mallado de la placa que reemplaza a la bomba de gasolina mecánica</i>	26
Figura 27 <i>Mallado de la placa que soporta al TBI</i>	27
Figura 28 <i>Análisis de temperatura de la placa que reemplaza a la bomba de gasolina mecánica</i>	28
Figura 29 <i>Análisis de temperatura de la placa que soporta al TBI</i>	29

Figura 30 <i>Comportamiento estructural de la placa que reemplaza a la bomba de gasolina mecánica</i>	30
Figura 31 <i>Comportamiento estructural de la placa que soporta al TBI</i>	30
Figura 32 <i>Esfuerzo normal de la placa que reemplaza a la bomba de gasolina mecánica</i>	31
Figura 33 <i>Esfuerzo normal de la placa que soporta al TBI</i>	32
Figura 34 <i>Deformación total de la placa que reemplaza a la bomba de gasolina mecánica</i>	32
Figura 35 <i>Deformación Total de la placa que soporta al TBI</i>	33
Figura 36 <i>Factor de seguridad de la placa que reemplaza a la bomba de gasolina mecánica</i>	34
Figura 37 <i>Factor de seguridad de la placa que soporta al TBI</i>	34
Figura 38 <i>Fabricación de las placas y acoples</i>	35
Figura 39 <i>Desconectar el negativo de la batería</i>	36
Figura 40 <i>Desmontaje del depurador</i>	37
Figura 41 <i>Desmontaje del carburador</i>	37
Figura 42 <i>Desmontaje de la batería</i>	38
Figura 43 <i>Proceso de manufactura en el múltiple de admisión</i>	39
Figura 44 <i>Adaptación del sensor de temperatura</i>	39
Figura 45 <i>Desmontaje de la bomba de combustible mecánica y proceso de colocación del acople fabricado</i>	40
Figura 46 <i>Colocación de módulo de inyección Coolant y cableado</i>	41
Figura 47 <i>Montaje del múltiple de admisión, placa, cuerpo TBI.</i>	41

Figura 48 <i>Adaptación de la bomba de combustible eléctrica</i>	42
Figura 49 <i>Adaptación del captador en el distribuidor</i>	43
Figura 50 <i>Implementación del módulo de encendido externo</i>	43
Figura 51 <i>Conexión de los sensores</i>	44
Figura 52 <i>Conexión de la batería y alimentación hacia el módulo de inyección Coolant</i>	45
Figura 53 <i>Montaje del depurador en el acople junto al cuerpo TBI</i>	45
Figura 54 <i>Medición de potencia y torque</i>	47
Figura 55 <i>Medición de gases contaminantes</i>	48
Figura 56 <i>Medición de consumo de combustible</i>	49
Figura 57 <i>Medición de potencia y torque máximo con el sistema a carburador</i>	51
Figura 58 <i>Histograma de la potencia</i>	52
Figura 59 <i>Histograma de la fuerza tractora</i>	53
Figura 60 <i>Histograma del consumo medio</i>	54
Figura 61 <i>Histograma del CO</i>	54
Figura 62 <i>Histograma del HC</i>	55
Figura 63 <i>Histograma del CO2</i>	56
Figura 64 <i>Histograma de LAMBDA</i>	57
Figura 65 <i>Medición de potencia y torque máximo con el sistema de inyección Monopunto</i> <i>Coolant</i>	58
Figura 66 <i>Diagrama de Pareto de la potencia</i>	59
Figura 67 <i>Residuos de potencia</i>	60
Figura 68 <i>Diagrama de Pareto de la fuerza tractora</i>	61

Figura 69 <i>Residuos de la fuerza tractora</i>	61
Figura 70 <i>Diagrama de Pareto del consumo medio</i>	62
Figura 71 <i>Residuos del consumo medio</i>	63
Figura 72 <i>Diagrama de Pareto del CO</i>	63
Figura 73 <i>Residuos del CO</i>	64
Figura 74 <i>Diagrama de Pareto del HC</i>	65
Figura 75 <i>Residuos del HC</i>	65
Figura 76 <i>Diagrama de Pareto del CO2</i>	66
Figura 77 <i>Residuos del CO2</i>	67
Figura 78 <i>Diagrama de Pareto del O2</i>	67
Figura 79 <i>Residuos del O2</i>	68
Figura 80 <i>Optimización de respuesta</i>	69

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 <i>Especificaciones técnicas</i>	2
Tabla 2 <i>Fallas comunes en el sistema de inyección Monopunto</i>	14
Tabla 3 <i>Variables de entrada y demás especificaciones</i>	46
Tabla 4 <i>Análisis descriptivo del sistema a carburador</i>	49
Tabla 5 <i>NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2204</i>	50
Tabla 6 <i>Análisis descriptivo con el sistema de alimentación a carburador</i>	51
Tabla 7 <i>Análisis descriptivo del sistema de inyección Monopunto Coolant</i>	57
Tabla 8 <i>Optimización de respuesta</i>	69

Tabla 9 <i>Análisis de resultados de funcionamiento del sistema a carburador versus el sistema de Inyección a ralentí</i>	70
Tabla 10 <i>Análisis de resultados del funcionamiento del sistema a carburador versus el sistema de Inyección</i>	71
Tabla 11 <i>Comparación de resultados de potencia y torque máximo del sistema a carburador versus el sistema de inyección</i>	72

TABLA ECUACIONES

Ecuación 1 <i>Ecuación de par motor</i>	19
Ecuación 2 <i>Ecuación de potencia total</i>	20

INTRODUCCIÓN

Debido a la problemática ambiental generada por los vehículos motorizados, desde 1886 hasta la actualidad, es importante determinar una solución para reducir las emisiones de gases de escape contaminantes.

Desde el desarrollo del carburador en el año 1850 los vehículos buscan tener una mezcla estequiométrica con 14,7 gramos de aire y 1 gramos de gasolina, por lo general en distintos regímenes de funcionamiento no cumple en su totalidad, produciendo una excesiva contaminación.

Desde 1967 aparece la inyección electrónica monopunto en varios vehículos, reduciendo considerablemente la contaminación por gases de escape. La mayoría de las fabricantes optan por utilizar estos nuevos sistemas de inyección, sin embargo, aún existen vehículos antiguos a carburador que circulan por las ciudades, por lo tanto, este proyecto contribuye a la disminución de contaminación.

El proyecto desarrolla un proceso de implementación de un sistema de inyección Monopunto Coolant, iniciando con el análisis del estado del arte, luego con el diseño de los dispositivos para la implementación del sistema Monopunto, utilizando el software Inventor y ANSYS. Después se construye los elementos diseñados mediante procesos de manufactura y luego de la implementación del sistema de inyección, se ejecutan pruebas de funcionamiento, para conocer su eficiencia, también se realiza mediciones de potencia, torque, consumo de combustible y emisiones de gases de escape.

PROBLEMA

El principal problema de este vehículo es el uso del carburador, debido a que no puede mantener una relación estequiométrica de aire-combustible a diferentes regímenes del motor, por lo que produce un funcionamiento deficiente y como consecuencia genera elevadas emisiones de gases contaminantes de escape, (H. Crouse, 1989).

Además, a este vehículo se le realizaron diferentes pruebas en la ciudad de Cuenca a una altura de 2560 msnm; las mediciones corresponden al consumo de combustible, torque, potencia y gases de escape; dando como resultado un consumo de gasolina de 22,71 L/100Km; un torque de 91,5 Nm; una potencia de 27 kW y un porcentaje de CO de 5,13% y de HC 1471 ppm. Estos valores fueron comparados con la normativa ecuatoriana NTE INEN 2204 estableciéndose un valor máximo de emisiones correspondiente a un CO de 4.5% desde 1500 a 3000 msnm y un HC de 750 ppm desde 1500 a 3000 msnm.

Finalmente, se determina que el vehículo produce un alto consumo de combustible y elevadas emisiones de escape sin cumplir con los estándares de la normativa ecuatoriana; asimismo la potencia y torque son bajos, demostrando ineficiencia en el funcionamiento del motor.

1. Antecedentes

El carburador hoy en día no es utilizado por los fabricantes de vehículos, (solo para motores pequeños, podadoras etc.) por un excesivo consumo de combustible y alta contaminación debido a que no mantiene una mezcla estequiométrica a diferentes revoluciones, con el pasar del tiempo la evolución de los motores han ido mejorando su torque y potencia, disminuyendo el consumo de combustible y reduciendo los gases contaminantes, por tal motivo se han desarrollado los sistemas de inyección que operan con componentes electrónicos lo cual garantiza una mejor eficiencia del motor, siendo los más utilizados en el mercado debido a su desempeño.

2. Importancia y Alcances

Este proyecto pretende disminuir la contaminación ambiental generada por los motores que utilizan carburador.

Hoy en día pocos fabricantes optan por el uso del carburador, debido a que no mantiene una mezcla estequiométrica ocasionando un exceso consumo de combustible y alta contaminación, por lo que muchas personas optan por cambiar el sistema de alimentación de combustible a un sistema de inyección electrónica, mismo que dosifica la mezcla de aire-combustible de manera exacta mejorando la eficiencia del motor.

El presente proyecto va dirigido a la línea de Investigación en Eficiencia Energética y Contaminación Ambiental del Grupo de Investigación de Ingeniería de Transporte (GIIT) de la Universidad Politécnica Salesiana de la carrera de Ingeniería Automotriz.

3. Delimitación

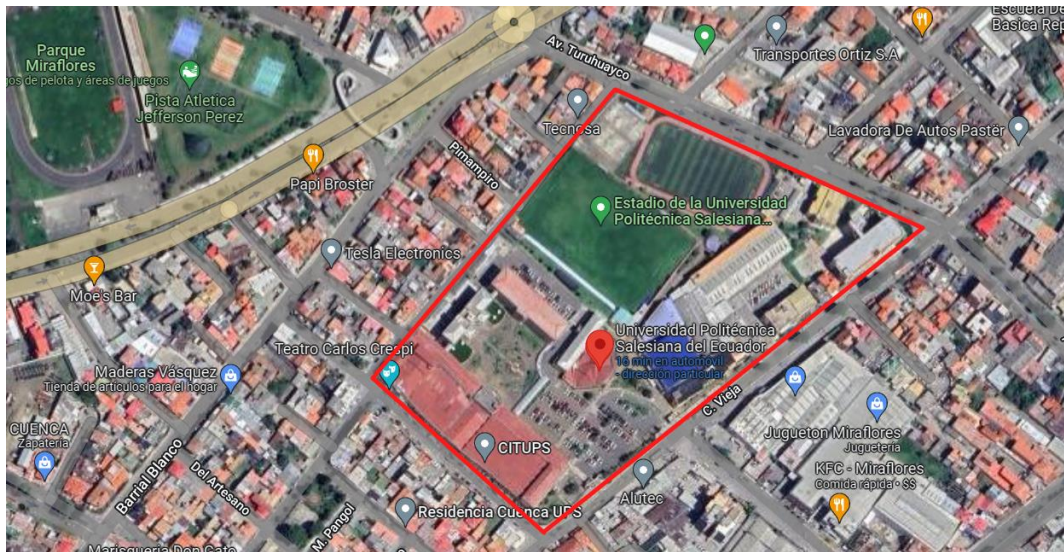
Este proyecto contribuye al desarrollo y conocimiento del proceso de implementación de sistemas de inyección Monopunto Coolant y se delimita en el motor 4G54 Mitsubishi.

Con el objetivo de reducir emisiones de gases de escape, basado en la normativa ecuatoriana NTE INEN 2204.

Este proceso fue efectuado en la Universidad Politécnica Salesiana en la ciudad de Cuenca durante el periodo, 2022-2023.

Figura 1

Ubicación de la UPS



Nota. Representa la limitación del proyecto realizado en la Universidad Politécnica Salesiana, por Google Maps, 2022, Google (<https://goo.gl/maps/gnrHWqzjPhk7fVaa8>).

OBJETIVOS

Objetivo General

Analizar el funcionamiento del motor Mitsubishi 4G54 luego de la implementación del sistema de inyección Monopunto Coolant, para el aumento de la eficiencia.

Objetivos Específicos

- Recopilar información sobre la conversión de sistemas de carburador a sistema de inyección monopunto.
- Diseñar la base y los acoplamientos del sistema monopunto en el motor Mitsubishi mediante software de ingeniería.
- Implementar el sistema de inyección Monopunto en el motor del vehículo mediante procesos de manufactura y la realización de pruebas de funcionamiento.

DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR MITSUBISHI 4G54

En este apartado se dará una descripción de las características del motor Mitsubishi 4G54 y de los componentes del sistema de inyección Monopunto y procesos de medición de consumo de combustible, torque, potencia y emisiones de gases.

1. Generalidades del sistema de alimentación de combustible del motor 4G54 Mitsubishi

El proceso de dosificación de combustible empieza desde el depósito, a consecuencia de accionar el switch la bomba de combustible comienza a generar presión de combustible enviada hacia el filtro de combustible donde el mismo retiene las impurezas de la gasolina, posterior a ello el combustible llega al carburador donde la dosificación depende de la apertura mecánica generada por el pedal accionada por el conductor.

Durante el mantenimiento de cada uno de los componentes que forma parte el sistema de alimentación, debe ser colocado de la misma manera, mantener un orden específico y tener en cuenta una regulación del carburador de aire-combustible eficiente.

Antes de realizar una sustitución de un componente requerido, es necesario tener en cuenta la limpieza durante el proceso de mantenimiento para evitar un funcionamiento deficiente y una corta vida útil de los elementos que conforman el sistema de alimentación de combustible.

Es necesario realizar los cambios de filtro de combustible debido a que los mismos se encargan de retener las impurezas y así evitan que el carburador tenga funcionamiento deficiente y provocando desgastes de manera rápida.

2. Especificaciones técnicas del motor 4G54 Mitsubishi

Para determinar el estado del vehículo es importante conocer los datos técnicos que ofrece el motor para establecer la eficiencia de este, además de las capacidades permitidas, en la Tabla 1 se puede visualizar las especificaciones técnicas del motor 4G54 Mitsubishi.

Tabla 1

Especificaciones técnicas

Especificaciones técnicas del motor 4G54	
Descripción	Especificaciones
Tipo de motor	Mitsubishi 4G54
Número de los cilindros	4
Número de válvulas	8
Cilindrada total (cc)	2555
Diámetro por recorrido (mm)	91.1x98 mm
Potencia Máxima (kW/rpm)	55/4200
Torque Máximo (Nm/rpm)	219/4000
Relación de compresión	8.2
Orden de encendido	1-3-4-2

Nota. Esta tabla muestra las especificaciones técnicas del vehículo Mitsubishi 4G54 adaptado de Manual del servicio Mitsubishi.

3. Conversión de sistemas de carburador a inyección

Para realizar la conversión de carburador a inyección electrónica es necesario tener todos los componentes que forman parte del sistema de inyección monopunto, para posterior a ello ir implementando esta serie de componentes necesarios para el funcionamiento.

4. Sistema de inyección Monopunto

Este sistema de inyección se caracteriza por tener un solo inyector electromagnético el cual dosifica combustible de manera alternada a las cámaras de combustión, está ubicado antes de la mariposa de aceleración y el mismo es comandado de manera eléctrica. (Bosch, 2005)

Los sistemas de inyección monopunto son menos complejos debido a que contiene un inyector electromagnético, así mismo su precio de venta y mantenimiento son más reducidos que cualquier otro sistema a inyección.

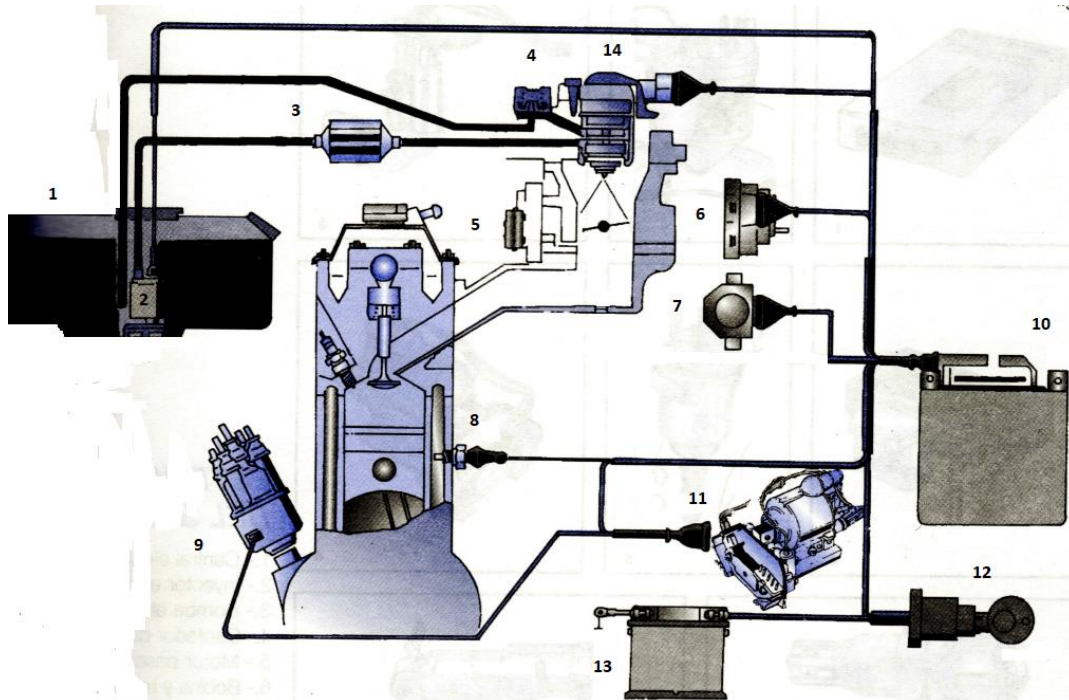
5. Componentes del sistema de inyección electrónica

Mediante el control electrónico de la dosificación necesaria de aire-combustible existen varios componentes que hacen de este proceso el más eficiente. Trabajan con sensores que envían la información necesaria al módulo de control para que la misma administre a los actuadores para una dosificación precisa.

Existe una variedad de componentes que se observan en la Figura 2.

Figura 2

Esquema electrónico de un sistema de inyección monopunto



Nota. Adaptado de *Manual de la técnica del automóvil* (p. 185), por Robert Bosch, 2005, REVERTÉ S.A. Editorial.

1. Depósito de combustible

Lugar donde se genera la acumulación del combustible, por lo general se encuentra ubicado en la parte posterior del vehículo, como se observa en la Figura 3.

Figura 3

Depósito de combustible del motor Mitsubishi 4G54



Nota. Representación del depósito de combustible ubicado en el vehículo Mitsubishi Montero 4G54.

2. Bomba eléctrica

Es el encargado de enviar el combustible a presión necesario a dosificar, posee componentes como un filtro para evitar las impurezas, un flotador para determinar el nivel de combustible existente, cañerías de salida y retorno de combustible y una alimentación de 12V.

Para alargar la vida útil de la bomba eléctrica, se debe cambiar el filtro y evitar que el combustible baje por completo.

Se encuentra ubicado en la parte interna del depósito de combustible, sus partes se pueden observar en la Figura 4.

Figura 4

Bomba eléctrica



Nota. Representación de la bomba de combustible eléctrica, cableado y filtro.

3. Filtro de gasolina

Retiene las pequeñas impurezas antes de llegar a la inyección electrónica, por lo general cuando el filtro de la bomba eléctrica de combustible se encuentra sucio, logran pasar algunas impurezas. Se encuentra ubicado entre el depósito de combustible y el sistema de inyección TBI.

Figura 5

Filtro de combustible



Nota. Representación del filtro de combustible de metal.

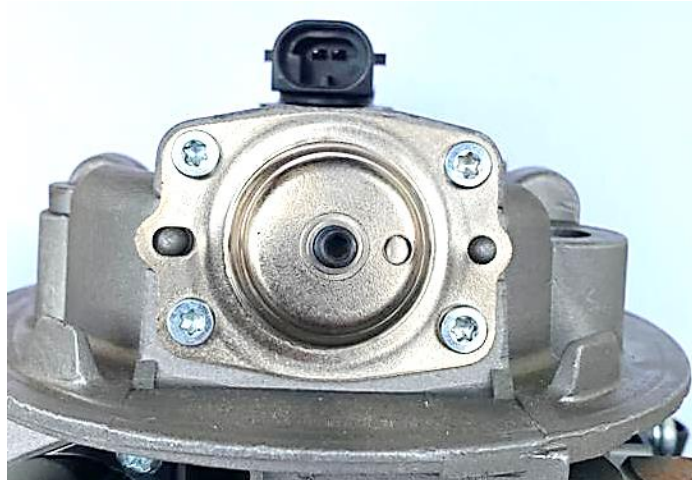
4. Regulador de presión

Contiene una membrana o resorte, su funcionamiento se basa en evitar sobrepresiones en el sistema de inyección, es decir cuando existe una sobrepresión la membrana se comprime para retornar el combustible excesivo hacia el depósito.

Se encuentra ubicado junto al sistema de inyección electrónica, es decir antes de que el combustible llegue al inyector electromagnético.

Figura 6

Regulador de presión en el TBI



Nota. Representación del regulador de presión ubicado en el cuerpo del TBI.

5. Válvula para el control del aire IAC

Es comandada por el módulo de control y se encarga de regular el régimen de ralentí, este dispositivo se encuentra paralelo a la mariposa, controlando el caudal del aire necesario hacia el múltiple de admisión de forma directa sin pasar por la mariposa.

La válvula IAC forma parte del cuerpo TBI como se observa en la Figura 7.

Figura 7

Válvula IAC en el TBI



Nota. Representación de la válvula IAC en el cuerpo del TBI.

6. Sensor captador de presión absoluta MAP

Funciona de manera dependiente de la rotación del motor, es decir, es decir genera información que envía hacia el módulo de control sobre la presión de aire en el múltiple de admisión y de esta manera generar una mezcla estequiométrica.

Figura 8

Sensor MAP



Nota. Representación del sensor de presión absoluta de aire (MAP).

7. Sensor de posición del acelerador TPS

Se encarga de establecer la apertura de la mariposa del cuerpo TBI, entregando esta información a la computadora, para determinar la cantidad necesaria de combustible y de esta manera generar una inyección adecuada.

Figura 9

Sensor TPS



Nota. Representación del sensor de posición del acelerador (TPS).

8. Sensor de temperatura del motor CTS

Se encarga de determinar la temperatura del refrigerante, asimismo envía la señal hacia el módulo de control de inyección para regular la dosificación de la mezcla de aire-combustible.

Un mal funcionamiento del sensor puede consumir más gasolina, por lo que el mismo se debe encontrar en óptimas condiciones de funcionamiento.

Por lo general, se encuentra situado cerca del termostato y enroscado en el bloque del motor.

Figura 10

Sensor CTS



Nota. Representación del sensor de temperatura del refrigerante (CTS).

9. Sensor de revoluciones por minuto

Es un captador que recibe la señal dependiente del régimen del árbol de levas por un distribuidor que crea una señal por efecto hall, generando la información hacia el módulo de control para determinar la chispa en cada cilindro del motor en la fase de compresión (Punto muerto superior).

Figura 11

Sensor de RPM



Nota. Representación del sensor o captador de revoluciones por minutos (RPM).

10. Módulo de control de inyección Coolant

Es un sistema integrando que recepta información de los sensores y procesa esta información por medio de un software integrado determinando los parámetros necesarios y así emitir comandos que dosifique una mezcla adecuada de aire-combustible.

Los sensores que manipula este envían la información al módulo de control de inyección son los siguientes:

- Sensor ECT
- Sensor MAP
- Sensor TPS
- Sensor RPM

Figura 12

Módulo de inyección Coolant



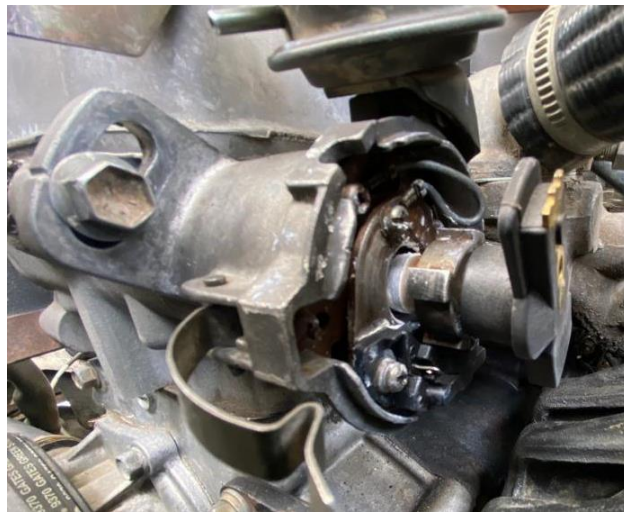
Nota. Representación del módulo de inyección Coolant.

11. Distribuidor electrónico

Es comandado por un captador que mediante el giro del motor hacia la leva va generando pulsaciones de efecto hall donde determina la chispa de manera sincronizada hacia las bujías situadas en el motor.

Figura 13

Distribuidor electrónico



Nota. Representación del distribuidor electrónico ubicado en el vehículo Mitsubishi Montero 4G54.

12. Llave de contacto

Este dispositivo es el encargado de encender el motor y dar paso al flujo de energía de los diferentes instrumentos que posee el vehículo, permite el ingreso de una llave única.

Se encuentra ubicado en el panel de instrumentos junto al volante de dirección, como se observa en la Figura 14.

Figura 14

Llave de contacto del vehículo Mitsubishi Montero 4G54



Nota. Representación de la llave de contacto en el vehículo Mitsubishi Montero 4G54.

13. Batería

Es un dispositivo que permite el almacenamiento de energía, transformando la energía química a eléctrica, transmite el flujo de corriente mediante el accionamiento de la llave de contacto, por lo general se encuentra ubicado junto al motor. Su proceso de carga se da mediante el alternador cuando el vehículo se encuentra encendido.

Figura 15

Batería



Nota. Representación de la batería.

14. Inyector electromagnético

Es el encargado de dosificar el combustible mediante una señal que genera el módulo de control para determinar el combustible preciso a diferentes condiciones de trabajo en la que se expone el motor.

Se encuentra ubicado en el cuerpo TBI antes de la mariposa.

Figura 16

Inyector electromagnético en el TBI



Nota. Representación del inyector electromagnético del cuerpo TBI.

Fallas comunes en el sistema de inyección Monopunto

Durante vario tiempo de funcionamiento de un sistema a inyección Monopunto, tiende a generar fallas por el desgaste o ciclos de vida de los componentes.

En la Tabla 2 se determinan las averías más comunes que pueden presentar este tipo de sistemas de inyección Monopunto.

Tabla 2*Fallas comunes en el sistema de inyección Monopunto*

Fallas comunes en el sistema de inyección Monopunto								
Posibles defectos	No prende	Prende con dificultad	Prende y se apaga	Ralentí falla en frío	Ralentí variable	Motor variable	Falta de Potencia	Humo en toda revolución
Bomba de caudal	X	X					X	
Regulador de presión	X	X	X				X	X
Regulador TBI				X	X		X	
Válvula de A/C			X	X	X			
Inyector						X		X
Sensor MAP				X	X		X	
Captador cigüeñal	X		X			X		
Sensor TPS		X					X	X
Sensor ECT		X		X		X		X

Bujías	X	X			X	X	X	
Primer circuito	X		X					
Segundo circuito	X	X			X	X	X	
bobina								
Módulo eléctrico	X	X	X	X	X	X	X	X

Nota. Adaptado de *Manual de la técnica del automóvil* (p. 202), por Robert Bosch, 2005, REVERTÉ S.A. Editorial.

6. Ventajas del sistema de inyección electrónica Monopunto Coolant

Al poseer un sistema de inyección electrónica controlado por sensores y comandada por un módulo de control que genera una mezcla estequiométrica, asimismo permite un mejor rendimiento en el motor a comparación del sistema convencional a carburador.

- Control necesario de la dosificación de mezcla aire-combustible
- Optimización de consumo de combustible.
- Reducción de emisiones de gases contaminantes.
- Bajo costo de mantenimiento.
- Aumento de potencia y torque.

7. Consumo de combustible en un sistema de inyección Monopunto

Debido a la gestión de mezcla aire combustible un sistema de inyección electrónico monopunto es más eficiente que el sistema a carburador debido a que es controlada por un módulo

electrónico, sin embargo, cabe recalcar que con el pasar el tiempo la vida útil del vehículo se va desgastando por lo que es importante mencionar que este se encuentre en estado óptimo para evitar un excesivo consumo de combustible.

Existen varios aspectos que influyen al consumo de combustible y es necesario que el vehículo se encuentre en buen estado los siguientes aspectos:

- Mantenimiento del sistema de alimentación: Filtro de aire, filtro de gasolina, cuerpo de aceleración limpio, mantenimiento del inyector de combustible, presión necesaria por la bomba de combustible.
- Mantenimiento del sistema de encendido: Bujías, cables de bujías, bobina o distribuidor eficiente.
- Mantenimiento del sistema de lubricación: refrigerante, bomba de agua, termostato, sistema de lubricación.
- Mantenimiento del sistema de rodaje: neumáticos adecuados, presión de los neumáticos especificada por el fabricante, sistema de suspensión en óptimas condiciones, rodamientos, ballestas, amortiguadores.
- Mantenimiento del sistema de dirección: terminales, puntas, crucetas, cremallera, barra estabilizadora, bujes,

8. Proceso de medición de consumo de combustible

Método volumétrico

El flujómetro puede conectarse con el banco dinamométrico MAHA LPS 3000, registra la información de la medición de consumo promedio y la cantidad de combustible consumida, esto lo hace mediante la computadora del banco dinamométrico, para determinar una medición de

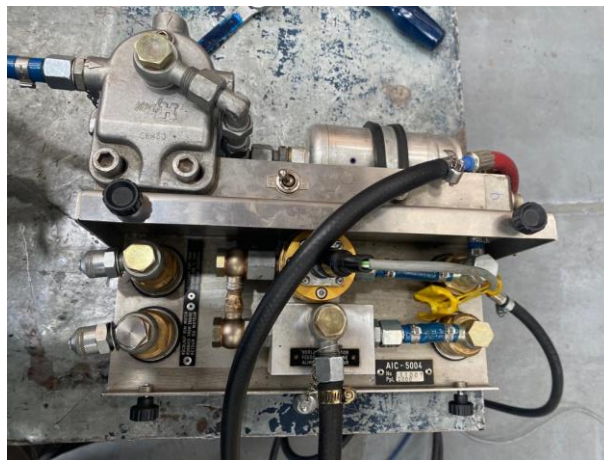
combustible dependiendo la densidad de combustible. Asimismo, este instrumento permite varias mediciones para obtener resultados más precisos.

La calibración del equipo se procede por SCS 077 / ISO / IEC 17025. Gracias a estas normativas se desarrollan procesos de medición para determinar el nivel de consumo de combustible.

En la Figura 17, se observa la cañería azul que viene el combustible del depósito donde se dirige hacia el flujómetro y posterior hacia es vehículo.

Figura 17

Flujómetro



Nota. Representación del flujómetro.

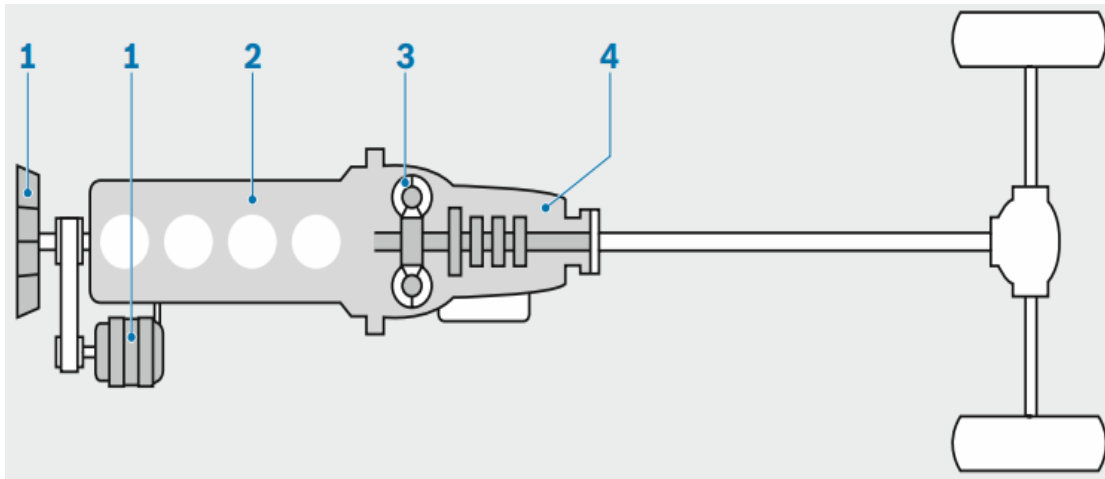
9. Torque en vehículos a gasolina

Se define también como par motor, el cual se encarga de determinar la fuerza transmitida al eje que giran conjuntamente a una cierta velocidad. Además, el torque viene determinado mediante pruebas en el mismo ciclo de potencia. (Bosch, 2014)

En la figura 18 se detalla los componentes que generan el torque en el vehículo.

Figura 18

Determinación de torques en el vehículo



Nota. Adaptado de *Fundamentals of Automotive and Engine Technology* (p. 60), por Robert Bosch, 2014, Konrad Reif. Editorial.

donde,

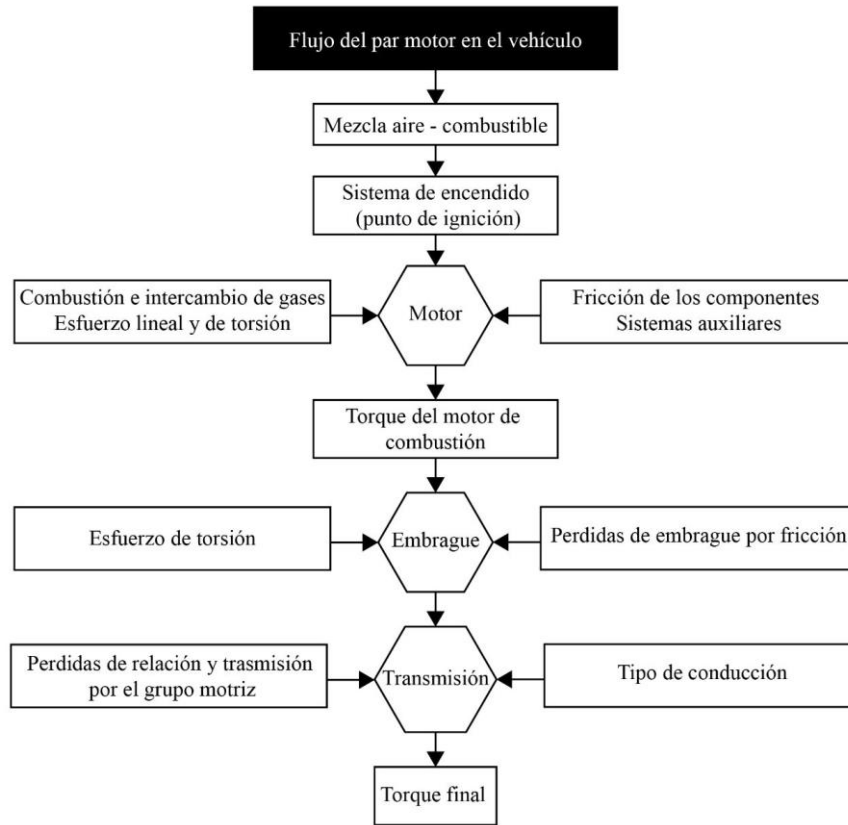
1. Equipos auxiliares
2. Motor a combustión
3. Embrague
4. Transmisión

El torque se genera desde los equipos auxiliares hasta el motor a combustión y se transmite al embrague donde mediante la transmisión genera el movimiento hacia las ruedas.

En la Figura 19 se detalla el flujo de torque que existe en un vehículo durante el funcionamiento para generar movimiento a la ruedas, considerando que el mismo se genera por varios factores.

Figura 19

Flujo de torque



Nota. Representación del flujo del par motor en el vehículo.

Para calcular el par motor, se plantea la siguiente ecuación:

Ecuación 1 Ecuación de *par motor*

$$M = F \cdot d$$

(1)

donde,

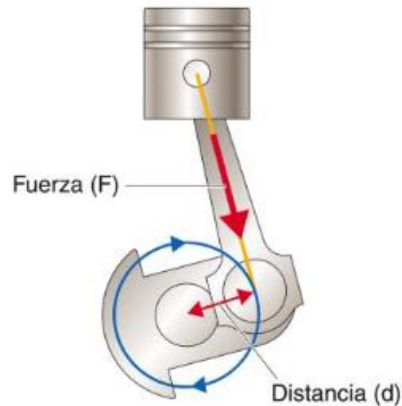
M : Par motor (Nm)

F : Fuerza (Nm)

d : Distancia (m)

Figura 20

Torque generado en un esquema



Nota. Adaptado de *Motores* (p. 73), por Santiago Sanz Acebes, 2005, EDITEX. Editorial.

10. Potencia en vehículos a gasolina

Es el esfuerzo mecánico que brinda el motor en base al tiempo en el que se efectúa. Es decir, la potencia requerida en un determinado tiempo. Se asimila a una fuerza para conseguir algo, por ejemplo, un vehículo que llegue en menos tiempo a una velocidad requerida posee más potencia. (Vargas Valencia, Ramírez Velásquez, Pérez Walton, & Madrigal Argáez, 2008)

Para obtener una potencia mecánica, se plantea la siguiente ecuación:

Ecuación 2 *Ecuación de potencia total*

$$P(t) = F \cdot v$$

(2)

donde,

$P(t)$: Potencia total (vatios)

F : Fuerza resultante (newtons)

v : velocidad (metros/segundos)

11. Proceso de medición de torque y potencia

Para determinar estas pruebas es necesario realizar con el instrumento de un banco dinamométrico o banco de potencia y de esta manera hallar las curvas características del motor a diferentes revoluciones por minuto dependiente de la velocidad, donde refleja valores de potencia, par y consumo específico.

Banco de potencia estacionario

Es de los más utilizados y se caracteriza por medir la potencia y torque del vehículo de una manera sencilla, su funcionamiento se basa en el giro de los neumáticos sobre unos rodillos con freno electromagnético que se opone al giro de los neumáticos para enviar la información al software de una manera precisa.

El banco de potencia MAHA LPS 3000 como se muestra en la Figura 21, cuenta con dos rodillos giratorios que realizan las pruebas de potencia y torque. Además, permite controlar la de manera simultánea la temperatura del lubricante y el régimen de giro del motor.

Figura 21

Presentación de un vehículo en un banco de potencia estacionario



Nota. Representación del vehículo Mitsubishi Montero 4G54 en un banco de potencia estacionario.

12. Contaminación producida por el parque automotor

Los vehículos desde su origen se convirtieron en un problema que perjudica el medio ambiente, por lo que se han generado normativas que limitan ciertas emisiones de gases contaminantes.

Con el pasar del tiempo el parque automovilístico ha ido aumentando ya sea por varias necesidades como transporte o comercio y como consecuencia genera preocupación en la sociedad. El impacto ambiental generada por los vehículos se divide en tres aspectos: la contaminación química, la contaminación acústica y la contaminación radioeléctrica.

13. Proceso de medición de gases emanados por el escape del vehículo

Son instrumentos utilizados para demostrar la contaminación existente de los gases de escape de un vehículo. Fueron creados como una necesidad ambiental debido a la contaminación excesiva que transcurre con el aumento del parque automotor, por lo que determina si un vehículo contamina más de lo normal, asimismo los vehículos que no entre en este rango deberán tomar medidas de mantenimiento para poder cumplir la normativa exigida. (IOT, 2019)

Medidor de gases portátiles

Se caracteriza por ser ergonómico y por tener un tamaño adecuado para su movilización, además genera datos precisos en la medición de los gases y posee la opción para determinar varios gases de manera simultánea. Posee un presupuesto bajo de mantenimiento, por lo tanto, estos tipos de medidores son de los más comunes en el mercado.

El equipo Automotive emission analyzer QGA-6000 como se muestra en la Figura 22, utiliza el método Non Dispersive Infra-red (NDIR), este determina los gases de CO, HC, CO₂ por medio de rayos infrarrojos, el método electroquímico se encarga de analizar el O₂

y NOx, para ello se presenta un sensor que lee el componente del gas, calculando su densidad y registrando su medición en la pantalla principal del analizador.

Figura 22

Medidor de gases QGA-6000



PROCESO DEL DISEÑO DE BASE Y ACOPLAMIENTOS MEDIANTE EL USO DE SOFTWARE PARA EL SISTEMA DE INYECCIÓN MONOPUNTO COOLANT

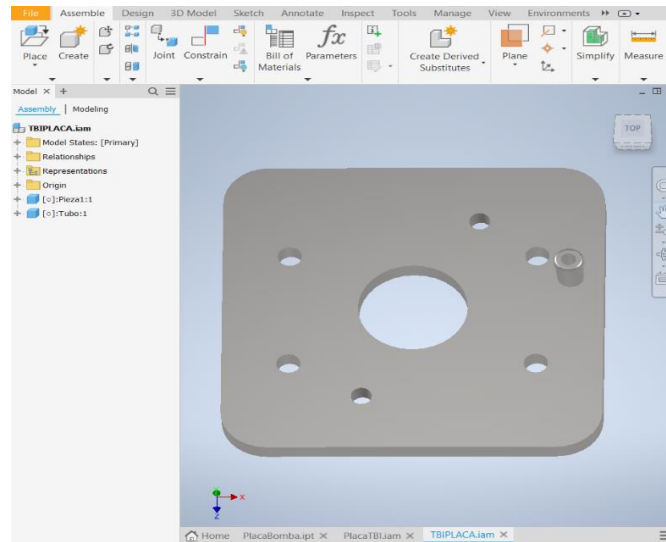
Mediante el programa de ingeniería Inventor se pueden desarrollar prototipos para estudiar una serie de análisis, determinando el modelo requerido, para realizar este procedimiento se desmontó el carburador y el colector de admisión con la finalidad de obtener mediciones para el desarrollo del diseño. Como se observa en el Anexo 2 y Anexo 3.

Para adaptar el sistema de inyección Monopunto Coolant es necesario tener una placa que una el cuerpo TBI y el múltiple de admisión. Mediante Inventor se diseñó la base requerida con las medidas necesarias para una adaptación precisa.

Se optó por utilizar hierro para la fabricación de los acoples, debido a un precio accesible y una alta resistencia a la temperatura, vibraciones y deformaciones ejercidas en las mismas. Durante la fabricación se añadió un tubo roscado para el paso de agua en el soporte del TBI. Para la fijación de la placa se agregan 4 pernos hacia la admisión y 2 pernos hacia el TBI.

Figura 23

Diseño de la placa que soporta al TBI

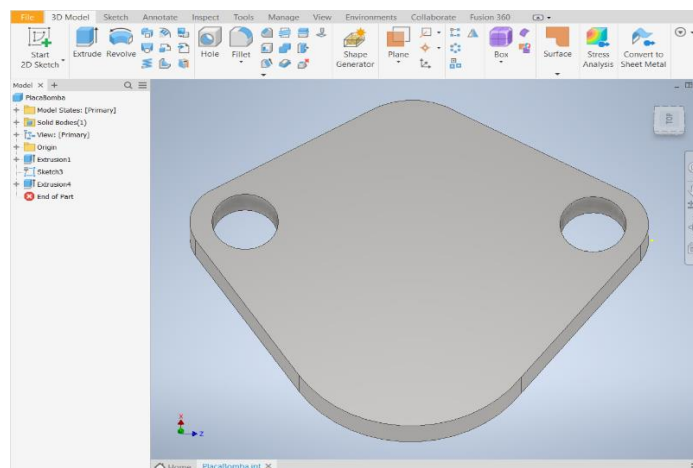


Nota. Representación de la placa que soporta el TBI diseñada en Inventor.

Al desmontar la bomba de combustible se obtuvo las medidas para la fabricación y diseño de la placa. Anexo 4. Para tapar y evitar fugas de aceite por la presión generada en el motor.

Figura 24

Diseño de la placa que reemplaza a la bomba de gasolina mecánica



Nota. Representación de la placa que reemplaza a la bomba de gasolina diseñada en Inventor.

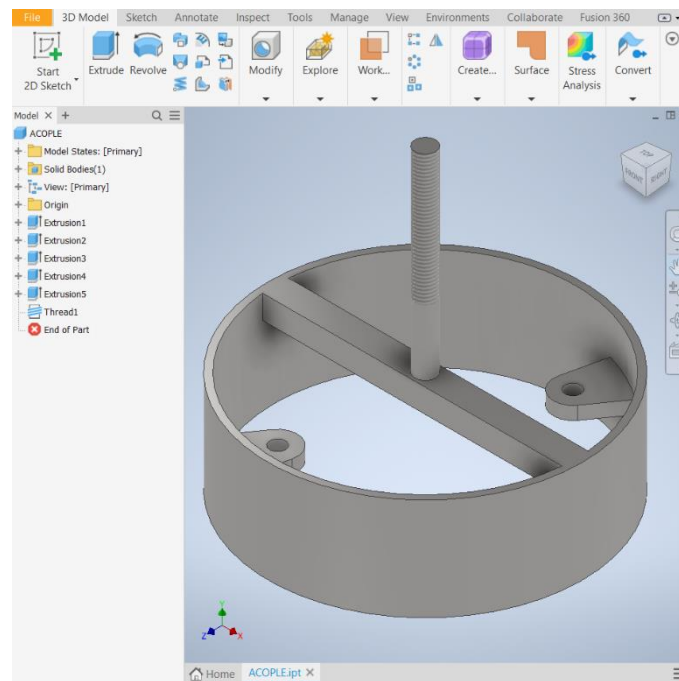
En el acople del depurador al cuerpo TBI sobra un espacio, por lo que se optó hacer una base que una a los mismos evitando el aire con impurezas del exterior, con las medidas de la boca del depurador y el cuerpo del sistema de inyección se recolecto las medidas necesarias para la fabricación del acople. Para más información de las medidas en el Anexo 5.

El sistema está diseñado para ser sujetado mediante los pernos del TBI y en el sellado del depurador se añadió un esparrago que permite la fijación de estos elementos.

El material que se utilizó para el proceso de manufactura es de hierro con un espesor de cinco milímetros debido a que no se expone a grandes cargas, permitiendo manipular de manera eficiente el material bajando los costos de construcción.

Figura 25

Diseño del acoplamiento entre en depurador y el TBI



Nota. Representación del acople que fija el depurador y el TBI diseñado en Inventor.

14. ANÁLISIS DE COMPORTAMIENTOS EN ANSYS

Para determinar los resultados se analizarán las placas a fabricar, debido a que las mismas se encuentran expuestas a temperatura, esfuerzos y deformaciones.

15. CÁLCULO MEDIANTE ELEMENTOS FINITOS

Para comenzar en necesario determinar el material de los acoples con los que se va a trabajar, en este caso se procede con el hierro.

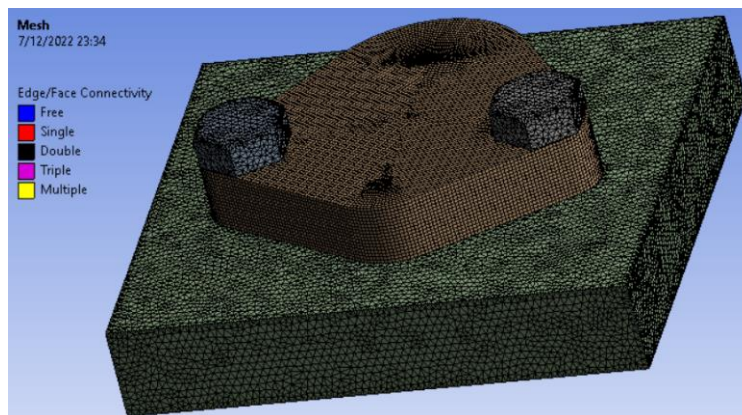
Se determina los elementos finitos, durante el mallado es necesario tener en cuenta el porcentaje de calidad como mínimo un 80% para lograr resultados eficaces.

El hierro soporta temperaturas hasta de 1536 °C por lo que se considera favorable para el trabajo que conlleva.

En la figura 26 y figura 27, se presenta el mallado de las superficies, para determinar una serie de análisis.

Figura 26

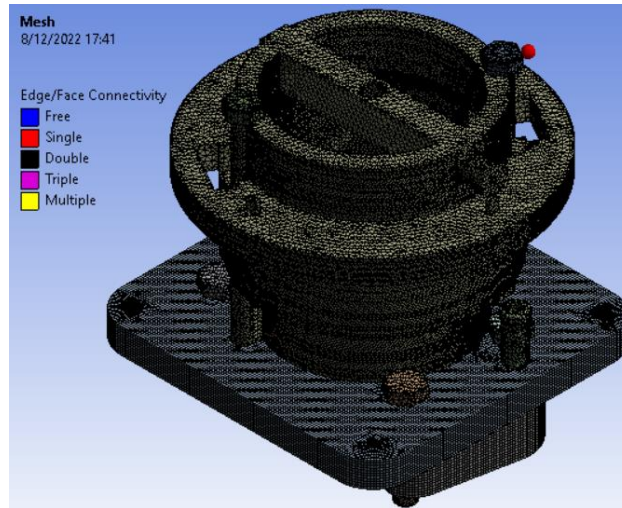
Mallado de la placa que reemplaza a la bomba de gasolina mecánica



Nota. Representación del mallado en la placa que reemplaza a la bomba de gasolina mecánica en ANSYS.

Figura 27

Mallado de la placa que soporta al TBI



Nota. Representación del mallado en la placa que soporta el TBI en ANSYS.

16. COMPORTAMIENTO DE TEMPERATURA

El hierro es un material que soporta temperaturas desde 1536 °C hasta 3000 °C por lo que se considera favorable para el trabajo que conlleva.

En una temperatura ambiente las placas tienden a acoplarse a la misma, con el aumento de temperatura del motor los acoples tienden a adaptarse, alcanzando temperaturas hasta de 96 °C.

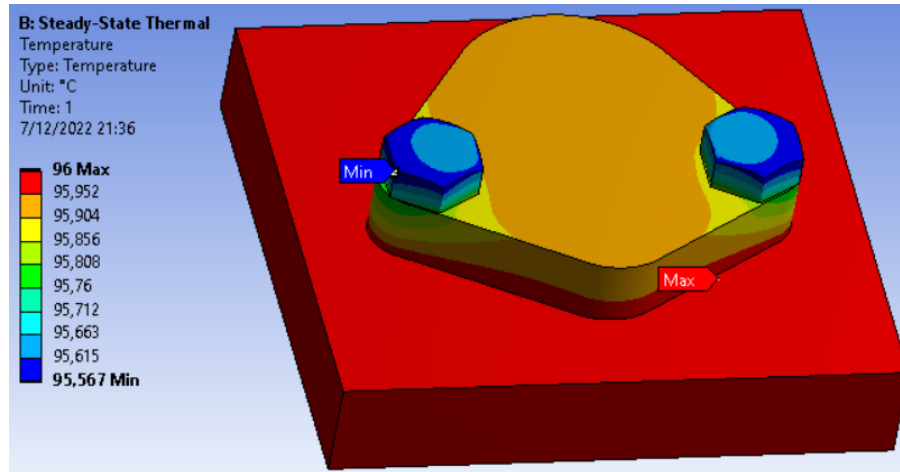
Mediante las simulaciones del programa para la placa que sella a la bomba de gasolina antigua se pueden determinar los picos máximos de temperatura alrededor de la placa.

La zona que alcanza la máxima temperatura viene siendo el bloque motor, llegando hacia la placa con 95 °C y una diferencia pequeña debido al contacto entre las mismas.

En la Figura 28 se demuestra el estado de temperatura generado en la placa por el funcionamiento del motor.

Figura 28

Análisis de temperatura de la placa que reemplaza a la bomba de gasolina mecánica



Nota. Representación del comportamiento de temperatura en la placa que reemplaza a la bomba de gasolina mecánica en ANSYS.

Para el análisis de la temperatura que soporta la placa TBI se pueden observar los picos máximos hasta de 30 °C.

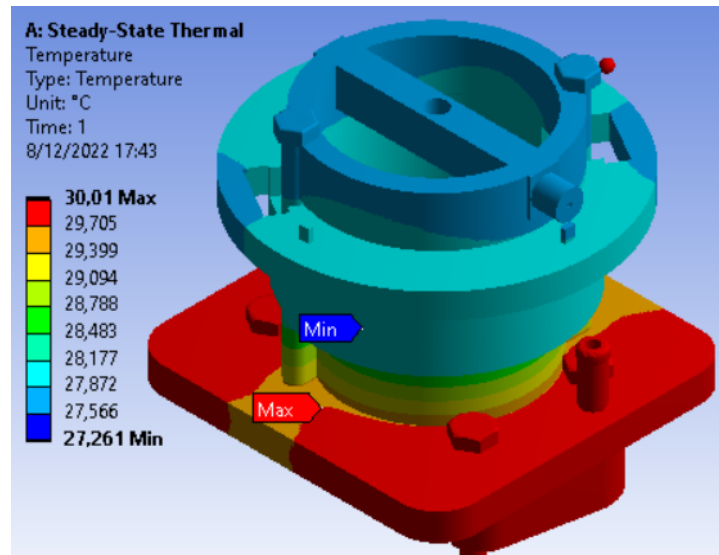
La placa que soporta el TBI no conlleva altas temperaturas debido a la aspiración de aire que es generada por el depurador y la refrigeración de agua que circula por el múltiple de admisión, por lo tanto, se mantiene a temperaturas máximas en el TBI de 28 °C.

En la figura 29 se visualiza el comportamiento de temperatura simulando el color a diferentes rangos.

Cabe recalcar que no presenta una diferencia significativa debido a que existe un contacto entre las mismas.

Figura 29

Análisis de temperatura de la placa que soporta al TBI



Nota. Representación del comportamiento de temperatura en la placa que soporta el TBI en ANSYS.

17. COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL

La presión generada por el aceite en el motor genera un contacto con la superficie de la placa, corrientemente la presión se encuentra entre 25 y 65 libras por pulgada.

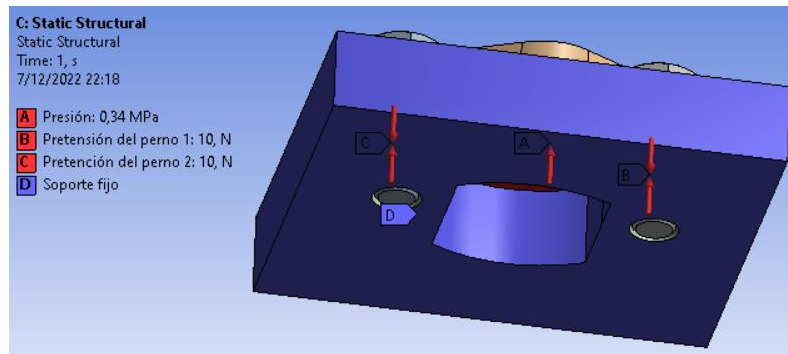
En este caso utilizamos la máxima presión para obtener los datos que permitan obtener los esfuerzos máximos generados en la placa.

El soporte fijo viene a ser el bloque motor y posee una pretensión de pernos de 10 N con un perno de normativa ISO 4018 M8x25.

En la Figura 30, se visualizan las cargas y soportes fijos en la misma para proceder con el análisis de las deformaciones existentes en la misma y de esta manera determinar si las mismas son adecuadas para el material ya seleccionado.

Figura 30

Comportamiento estructural de la placa que reemplaza a la bomba de gasolina mecánica

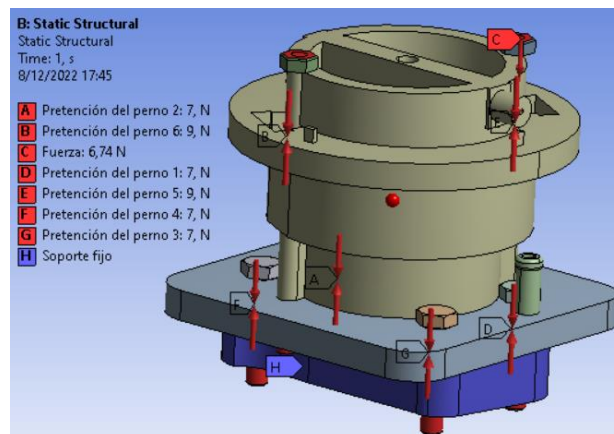


Nota. Representación de las cargas y soportes en la placa que reemplaza a la bomba de gasolina mecánica en ANSYS.

La fuerza ejercida viene a ser el peso de 6,74 N del TBI hacia la placa, siendo el múltiple de admisión el soporte fijo, además la pretensión de los pernos del TBI con la placa es de 9 N utilizando una normativa de pernos ISO 4014 M8x100 y la placa con el múltiple de admisión es de 7 N utilizando una normativa de pernos ISO 4014 M8x40.

Figura 31

Comportamiento estructural de la placa que soporta al TBI



Nota. Representación de las cargas y soportes en la placa que soporta el TBI en ANSYS.

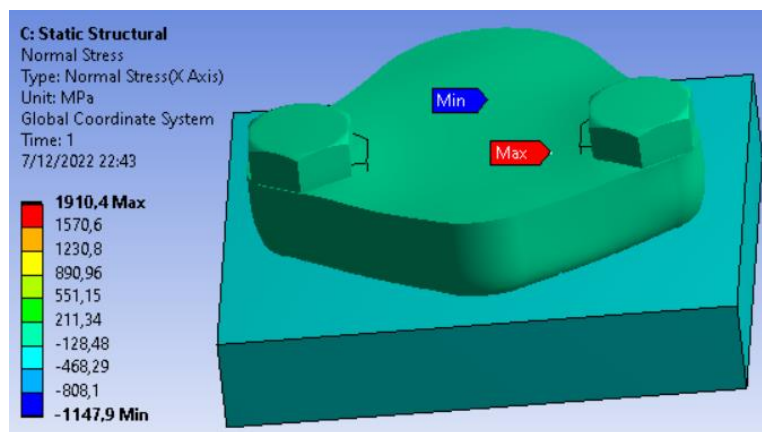
Esfuerzo normal

El esfuerzo normal encontrado en la placa que soporta la presión de aceite es de -128,48 MPa por lo tanto se encuentra en un rango inferior que al límite del hierro que está en 550 MPa.

De esta manera se va a desempeñar correctamente al momento de su funcionamiento sin recibir esfuerzos excesivos.

Figura 32

Esfuerzo normal de la placa que reemplaza a la bomba de gasolina mecánica



Nota. Representación del esfuerzo normal existente en la placa que reemplaza a la bomba de gasolina mecánica en ANSYS.

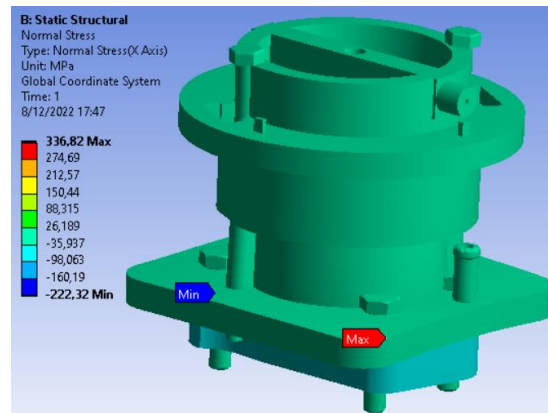
En la placa que soporta el TBI posee un esfuerzo normal de -35,937 MPa y se encuentra en un rango inferior al límite del hierro que está en 550 MPa.

De esta manera no se encuentra en rangos máximos, por lo que la placa no va a estar expuesta a esfuerzos enormes.

En la figura 33 se observa el esfuerzo normal que recibe la placa que soporta el peso TBI, sin rangos excesivos.

Figura 33

Esfuerzo normal de la placa que soporta al TBI



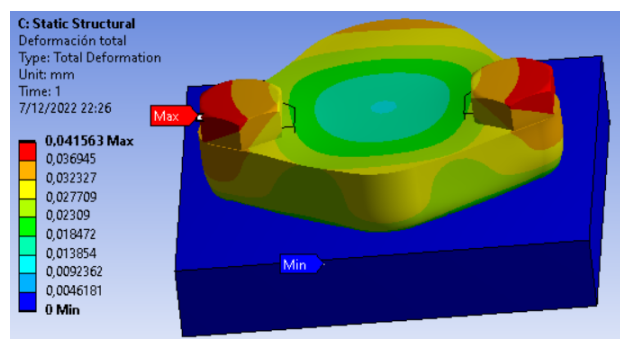
Nota. Representación del esfuerzo normal existente en la placa que soporta el TBI en ANSYS.

Deformación total

La deformación máxima generada por la temperatura y la presión de aceite es de 0,041 milímetros, lo que es muy baja, por lo que es apta para soportar sobrecargas de presión o elevadas temperaturas.

Figura 34

Deformación total de la placa que reemplaza a la bomba de gasolina mecánica



Nota. Representación de la deformación total existente en la placa que reemplaza a la bomba de gasolina mecánica en ANSYS.

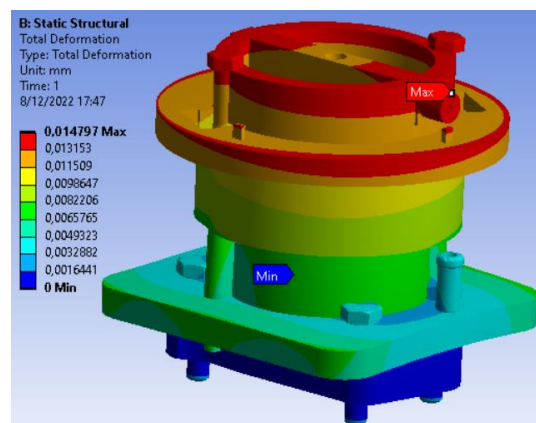
La deformación máxima establecida por la temperatura y el peso del TBI es de 0,014797 milímetros, por lo tanto, es demasiado baja, por lo que soporta elevadas temperaturas y la carga del TBI.

Además, la deformación de los pernos es mínima por lo que también están dentro del rango para soportar estos esfuerzos.

En la figura 35 se observa las deformaciones que recibe en los diferentes lugares durante el funcionamiento.

Figura 35

Deformación Total de la placa que soporta al TBI



Nota. Representación de la deformación total existente en la placa que soporta el TBI en ANSYS.

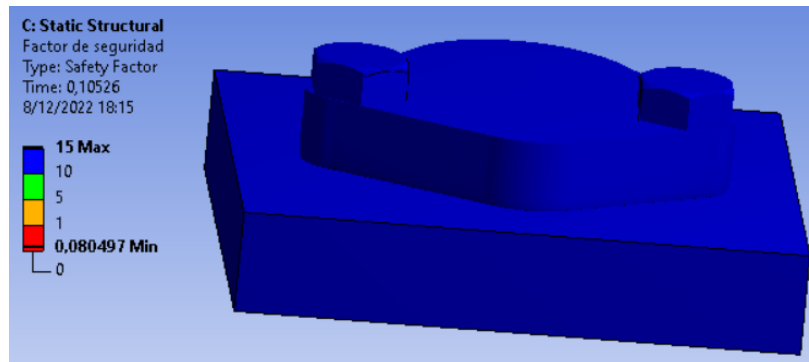
Factor de seguridad

Mediante la simulación se obtuvo un factor de seguridad máximo de 15 por lo que la placa se encuentra óptima para soportar temperaturas y presiones ejercidas sobre la misma.

En la figura 36 se observa el factor de seguridad existente, con resultados que garantizan un funcionamiento eficiente de la placa.

Figura 36

Factor de seguridad de la placa que reemplaza a la bomba de gasolina mecánica

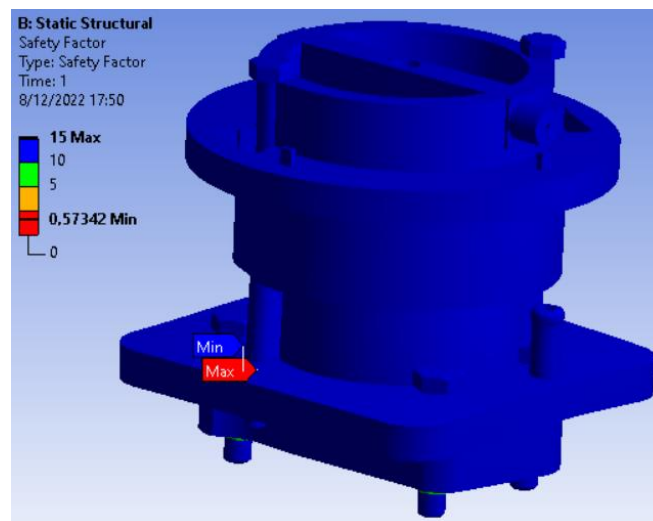


Nota. Representación del factor de seguridad existente en la placa que reemplaza a la bomba de gasolina mecánica en ANSYS.

En la placa que soporta al TBI el factor de seguridad es de 15 por lo que se determina es apta para soportar temperaturas y cargas ejercida en la misma.

Figura 37

Factor de seguridad de la placa que soporta al TBI



Nota. Representación del factor de seguridad existente en la placa que soporta el TBI en ANSYS.

18. FABRICACIÓN DE LOS ACOPLAMIENTOS DISEÑADOS

Mediante los procesos de manufactura se procedió con la fabricación de los acoplamientos requeridos para la adaptación del cuerpo TBI. Tomando en cuenta el material y las medidas adecuadas de las mismas.

Figura 38

Fabricación de las placas y acoples



Nota. Representación de la fabricación de placas y acoples para la implementación del sistema de inyección Monopunto.

PROCESO DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE INYECCIÓN MONOPUNTO COOLANT EN EL MOTOR MITSUBISHI 4G54

Mediante procesos de manufactura se llevará acabo la implementación del sistema de inyección Monopunto, teniendo en cuenta los factores requeridos como conocimientos previos de la conversión, materiales externos como manuales, publicaciones o videos y las herramientas o maquinarias necesarias para la adaptación.

Para la implementación del sistema de inyección Monopunto Coolant se procede con los siguientes pasos:

1. Desconectar el negativo de la batería

Para empezar con la implementación es necesario retirar el borne negativo de la batería, para evitar cualquier contacto o circuito que produzca daños en el sistema eléctrico del vehículo.

Figura 39

Desconectar el negativo de la batería



Nota. Representación del retiro de cables en la batería del vehículo Mitsubishi Montero 4G54.

2. Desmontaje del depurador

Para tener accesibilidad al carburador es necesario retirar el depurador.

Figura 40

Desmontaje del depurador



Nota. Representación del desmontaje de depurador en el vehículo Mitsubishi Montero 4G54.

3. Desmontaje del carburador

Para proceder con la implementación del cuerpo TBI es necesario desmontar el carburador.

Figura 41

Desmontaje del carburador



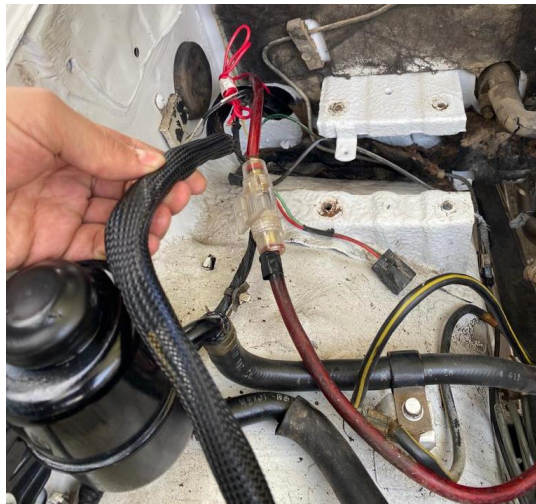
Nota. Representación del desmontaje del carburador en el vehículo Mitsubishi Montero 4G54.

4. Desmontaje de la batería

Para colocar el módulo de inyección Coolant y el cableado es necesario desmontar la batería para tener el acceso de cableado hacia el interior del vehículo.

Figura 42

Desmontaje de la batería



Nota. Representación del desmontaje de la batería en el vehículo Mitsubishi Montero 4G54.

5. Desmontaje del múltiple de admisión y proceso de manufactura

Para realizar el proceso de manufactura se retiró el múltiple de admisión para poder tener accesibilidad y trabajar de con las herramientas adecuadas, además para evitar que las impurezas de esta ingresen hacia la cámara de combustión

Para una dosificación estequiométrica de combustible es necesario ampliar la superficie de la boca del colector de admisión debido a que el TBI posee una sola mariposa y un inyector para dosificar el combustible.

En la figura 43 se determina el proceso inicial y final del proceso de manufactura.

Figura 43

Proceso de manufactura en el múltiple de admisión



Nota. Representación del proceso de manufactura en el múltiple de admisión.

6. Adaptación del sensor de temperatura

Mediante procesos de manufactura se colocó el sensor de temperatura en la tapa del termostato, el mismo que envía la información a la computadora.

Figura 44

Adaptación del sensor de temperatura



Nota. Representación de la adaptación del sensor de temperatura en el vehículo Mitsubishi Montero 4G54.

7. Desmontaje de la bomba de combustible mecánica y proceso de colocación del acople fabricado

Debido que el cuerpo TBI necesita una mayor presión de combustible se opta por una bomba de combustible eléctrica, por lo tanto, se retira la bomba mecánica de gasolina y se procede a colocar un acople para sellar y evitar fugas de aceite.

En la figura 43 se observa el reemplazo con la placa fabricada.

Figura 45

Desmontaje de la bomba de combustible mecánica y proceso de colocación del acople fabricado



Nota. Representación del desmontaje de la bomba de gasolina mecánica y colocación de la placa fabricada en el vehículo Mitsubishi Montero 4G54.

8. Colocación de módulo de inyección Coolant y cableado

Hay que tener en cuenta la ubicación de la computadora para evitar golpes, humedad o temperaturas altas para evitar daños en el mismo.

En este caso se procedió a colocar en la cabina junto al interior de la secreta.

Figura 46

Colocación de módulo de inyección Coolant y cableado



Nota. Representación del módulo de inyección Coolant en el interior del vehículo Mitsubishi Montero 4G54.

9. Montaje del múltiple de admisión, placa, cuerpo TBI.

Colocación del múltiple de admisión, placa y cuerpo TBI con las mangueras de combustible de alimentación con un manómetro para conocer la presión que ejerce la bomba de combustible hacia el TBI y la conexión de retorno, hay que tener en cuenta que la de retorno va en dirección de la válvula reguladora de combustible.

Figura 47

Montaje del múltiple de admisión, placa, cuerpo TBI.



Nota. Representación del montaje de la placa fabricada, el TBI y las mangueras de combustible.

10. Adaptación de la bomba de combustible eléctrica

Mediante procesos de manufactura se procedió la implementación en la misma tapa con la bomba de combustible eléctrica, debido a que la bomba de combustible tiene que estar sumergida en el tanque de gasolina, se procedió a agregar una base en la misma tapa debido a que la bomba genera vibraciones. El cable viene de la computadora con un positivo y negativo conectado al chasis.

Figura 48

Adaptación de la bomba de combustible eléctrica



Nota. Representación del proceso de adaptación de la bomba eléctrica de combustible.

11. Adaptación del captador en el distribuidor

El módulo de inyección Coolant posee un módulo que recepta la señal de la chispa y trabaja de sincronizada con la dosificación de combustible del TBI, por lo que en el distribuidor solo se necesita un captador que determina la señal de posición del pistón, el mismo debe encontrarse de manera sincronizada con el eje del distribuidor.

Figura 49

Adaptación del captador en el distribuidor



Nota. Representación de la adaptación del captador en el distribuidor.

12. Implementación del módulo de encendido externo

Debe estar sujeto a tierra fijado la placa con un perno, posee cableado de alimentación desde la computadora, otro hacia la bobina de encendido y los receptores de señal del captador ubicado en el distribuidor.

Figura 50

Implementación del módulo de encendido externo



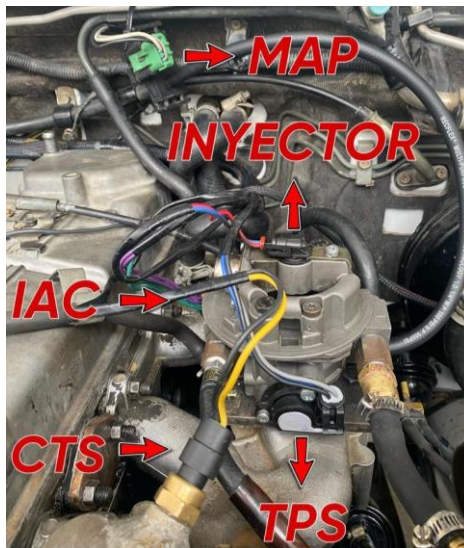
Nota. Representación del módulo de encendido externo y conexiones de este en el vehículo Mitsubishi Montero 4G54.

13. Conexión de los sensores

Se procede a conectar la válvula de control de aire IAC, sensor de captador de presión de aire absoluta MAP, sensor de posición de acelerador TPS, sensor de temperatura del motor CTS y el inyector.

Figura 51

Conexión de los sensores



Nota. Representación de las conexiones de los sensores del módulo de inyección Coolant en el vehículo Mitsubishi Montero 4G54.

14. Conexión de la batería y alimentación hacia el módulo de inyección Coolant

Una vez realizadas las conexiones, hay que conectar hacia el positivo de la batería y conectar el negativo.

En la figura 52 se visualiza el positivo con un cable rojo hacia la batería y el negativo un cable negro conectado hacia un perno del tapa válvulas.

Figura 52

Conexión de la batería y alimentación hacia el módulo de inyección Coolant



Nota. Representación de la conexión del módulo de inyección Coolant en la batería, alimentación y masa en el vehículo Mitsubishi Montero 4G54.

15. Montaje del depurador

Una vez ya fabricado el acople que conecta el depurador y el TBI, se procede con el montaje de todo el sistema de depurador.

Figura 53

Montaje del depurador en el acople junto al cuerpo TBI



Nota. Representación del montaje del depurador hacia el acople conjunto con el TBI.

ANÁLISIS DE FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR MITSUBISHI 4G54 CON LOS DOS SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE

Para corroborar que el nuevo sistema de inyección Monopunto Coolant garantice resultados eficientes en torque, potencia, reducción de gases contaminantes y reducción de consumo de combustible es necesario realizar pruebas de funcionamiento.

Para realizar un análisis comparativo se utiliza un software de ingeniería con la recolección de las dos pruebas.

En la Tabla 3, se detallan las variables de entrada y demás especificaciones que se utilizará en las pruebas con el sistema de inyección Monopunto Coolant para determinar el mejor estado de funcionamiento.

Tabla 3

Variables de entrada y demás especificaciones

Vehículo	Banco	Lambda	Adelanto al encendido	Calibración de bujía	Muestras	Fecha
Mitsubishi 4G54	LPS3000	0,95	10	0,9	5	26/10/2022
		1	15	1	5	
		1,05	20	1,1	5	

Nota. Representación de las variables de entrada para la obtener la optimización del sistema.

Las pruebas fueron realizadas en la Universidad Politécnica Salesiana, para medir la potencia y el torque se utilizó un banco de potencia estacionario, un analizador de gases y un flujómetro para medir el consumo de combustible.

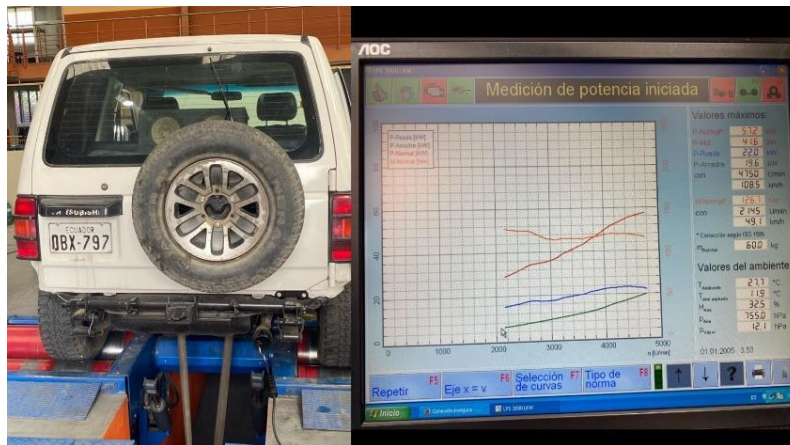
1. Generalidades para la medición de potencia y torque, gases contaminantes y consumo de combustible.

Medición de potencia y torque

Una vez que el vehículo se encuentre ubicado en el banco de dinamométrico, se procede a sincronizar las revoluciones por minuto del motor, con la finalidad de controlar las revoluciones en la computadora. Además, se procede con las conexiones de los equipos como se observa en el Anexo 9.

Figura 54

Medición de potencia y torque



Nota. Representación del vehículo en el banco de potencia y el registro de los resultados.

Medición de gases contaminantes

Mediante un analizador de gases se determinó las emisiones con el sistema convencional a carburador, teniendo en cuenta una que el motor debe encontrarse a 2500 revoluciones por minuto y a ralentí se establecerá en un máximo 1100 revoluciones por minuto que determina la normativa NTE INEN 2204.

Figura 55

Medición de gases contaminantes



Nota. Representación del de la sonda en el escape del vehículo y la toma de datos en el analizador de gases QGA-6000.

Medición de consumo de combustible.

Se calculó mediante un flujómetro durante un minuto donde el volumen final que se reflejaba se multiplicó por 60 para obtener el consumo promedio por minuto.

Mediante un tanque externos se procedió a colocar el combustible para que posterior a ello pase por el flujómetro. Para el sistema de inyección Monopunto de colocó una bomba eléctrica en el tanque externo.

Los datos registrados se cargaban directamente en la computadora del banco de potencia estacionario, las medidas se registran en litros por cien kilómetros debido a que las medidas se tomaban con la simulación del vehículo en marcha.

Para la medición del consumo de combustible se verifico que no existan fugas durante paso de este flujo desde el tanque externo al flujómetro y hacia el motor.

Figura 56

Medición de consumo de combustible



Nota. Representación del tanque externo de combustible y el flujómetro para medir el consumo.

2. Análisis del motor Mitsubishi 4G54 con el sistema de alimentación a carburador

Los datos registrados en ralentí se obtuvo las emisiones de gases y consumo de combustible existente con el sistema convencional a carburador. En la Tabla 4 se detalla las cuatro pruebas realizadas.

El mayor consumo registrado es de 5,34 litros por hora, un CO máximo de 5,13%, un CO₂ de 6,7%, un O₂ de 2,5%, un HC de 1839 partes por millón y un Lambda con mezcla rica de 0,77.

Tabla 4

Análisis descriptivo del sistema a carburador

Análisis del sistema a carburador a ralentí					
Consumo (L/h)	CO (%)	CO ₂ (%)	O ₂ (%)	HC (ppm)	Lambda
3,9	5,13	6	1,2	1471	0,777

3,78	5,13	6,7	0,85	1779	0,774
5,34	5,13	6,7	2,5	1839	0,76
4,92	4,92	6,5	3	2094	0,773

Nota. Análisis descriptivo del sistema a carburador en ralentí.

En la Tabla 5 se detalla la normativa ecuatoriana NTE INEN 2204, donde el análisis de basa en el año 1990 a 1999 y de 1500 a 3000 metros sobre el nivel del mar, donde se realiza la comparación con los datos obtenidos en la Tabla 4 y se concluye que los rangos de emisiones de gases contaminantes no cumplen la normativa. Para más información en el Anexo 10.

Tabla 5

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2204

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

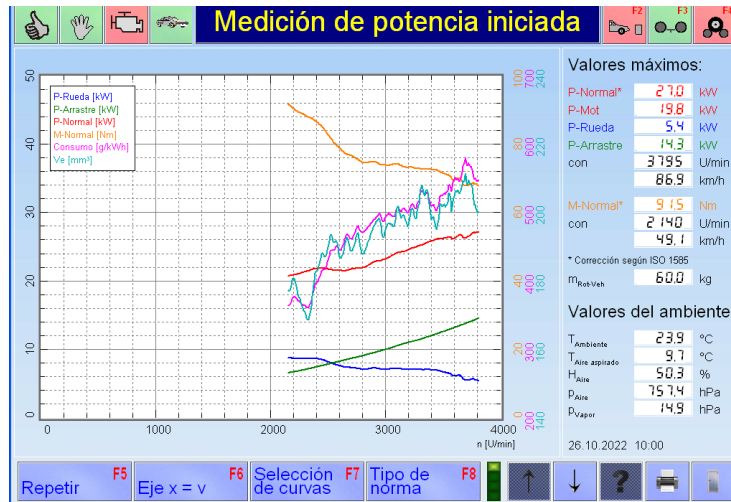
^a Volumen
^b Altitud= metros sobre el nivel del mar (msnm).

Nota. Adaptado de *NTE INEN 2204* (p. 4), por la norma técnica ecuatoriana, 2017, Servicio Ecuatoriano de Normalización Editorial.

En la Figura 57, se puede evidenciar la potencia máxima que es de 27kW a 3795 revoluciones por minuto y un torque máximo de 91,5Nm a 2140 revoluciones por minuto.

Figura 57

Medición de potencia y torque máximo con el sistema a carburador



Nota. Representación gráfica de la potencia y torque máximo generado con el sistema a carburador.

Se planteo un análisis mediante el software de ingeniería para determinar el funcionamiento que tiene el sistema de alimentación en el motor Mitsubishi montero 4G54, en las siguientes tablas se detalla el análisis que se procede y los resultados. En la tabla de la sección Anexo 6 se muestra todos los datos realizados en el motor Mitsubishi 5G54

En la Tabla 6, se muestra un análisis descriptivo con las cinco muestras realizadas, con el sistema convencional a carburador.

Tabla 6

Análisis descriptivo con el sistema de alimentación a carburador

Variable	Muestras	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Fuerza tractora (N)	5	605,2	28,5	574,0	626,0
Potencia (kW)	5	9,620	0,383	9,200	9,900

Consumo medio (l/100km)	5	22,554	0,142	22,450	22,710
CO (%)	5	1,2500	0,1741	1,0400	1,3800
HC (ppm)	5	508,4	29,9	467,0	551,0
CO2 (%)	5	14,520	0,606	13,900	15,200
LAMBDA	5	0,94640	0,00590	0,94100	0,95400

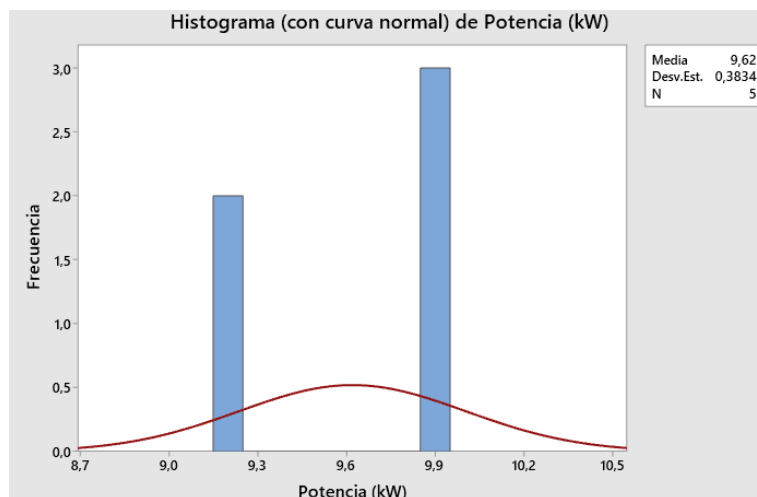
Nota. Análisis descriptivo de las variables con las muestras realizadas.

Análisis de potencia

En la Figura 58, muestra el histograma de la Potencia del vehículo en kilowatts, se puede observar que se tiene una potencia mínima de 9,2 kW y una potencia máxima de 9,9 kW, donde se obtiene una media de 9,62 kW que sería una potencia intermedia, la desviación estándar muestra la dispersión de los datos donde tenemos una dispersión de 0,383.

Figura 58

Histograma de la potencia



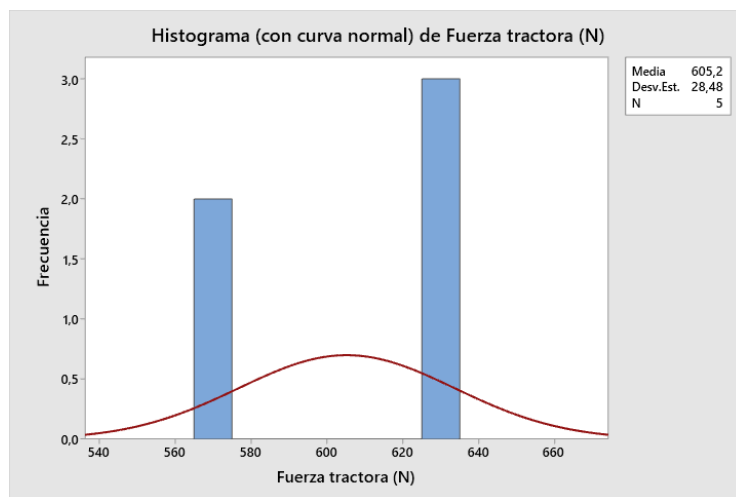
Nota. Representación del Histograma de potencia con curva normal.

Análisis de fuerza tractora

En la Figura 59, muestra el histograma de la Fuerza tractora del vehículo en newtons, se puede observar que se tiene una fuerza mínima de 574 N m y una fuerza máxima de 626 N, donde se obtiene una media de 605,2 N que sería una fuerza intermedia, la desviación estándar muestra la dispersión de los datos donde tenemos una dispersión de 28,5.

Figura 59

Histograma de la fuerza tractora



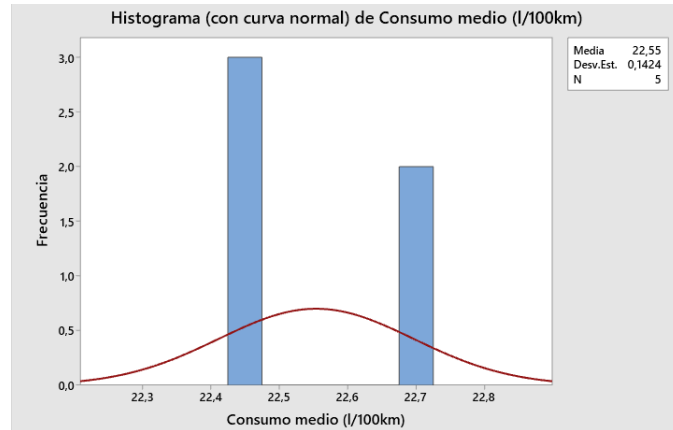
Nota. Representación del Histograma de fuerza tractora con curva normal.

Análisis de consumo

En la Figura 60, muestra el histograma del consumo medio del vehículo en Litros/100km, se puede observar que se tiene un consumo mínimo de 22,45 L/100Kmm y un consumo máximo de 22,71 L/100Km, donde se obtiene una media de 22,554 L/100Kmm que sería un consumo intermedio, la desviación estándar muestra la dispersión de los datos donde tenemos una dispersión de 0,142.

Figura 60

Histograma del consumo medio



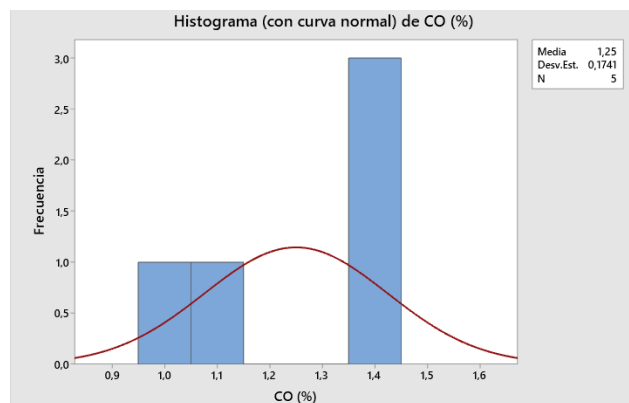
Nota. Representación del Histograma de consumo medio con curva normal.

Análisis CO

En la Figura 61, muestra el histograma las emisiones de CO en porcentaje , se puede observar que se tiene un CO mínimo de 1,04 % y un CO máximo de 1,38 %, donde se obtiene una media de 1,25 % que sería una emisión de este gas intermedio, la desviación estándar es de 0,1741.

Figura 61

Histograma del CO



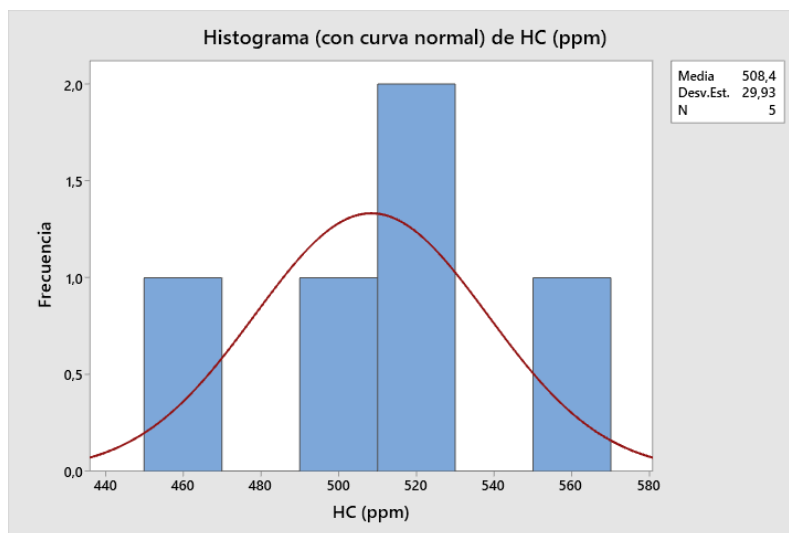
Nota. Representación del Histograma del gas emanado CO con curva normal.

Análisis HC

En la Figura 62, muestra el histograma las emisiones de HC en partículas por millón , se puede observar que se tiene un HC mínimo de 467 ppm y un HC máximo de 551 ppm, donde se obtiene una media de 508,4 ppm que sería una emisión de este gas intermedio, la desviación estándar muestra la dispersión de los datos donde tenemos una dispersión de 29,9.

Figura 62

Histograma del HC



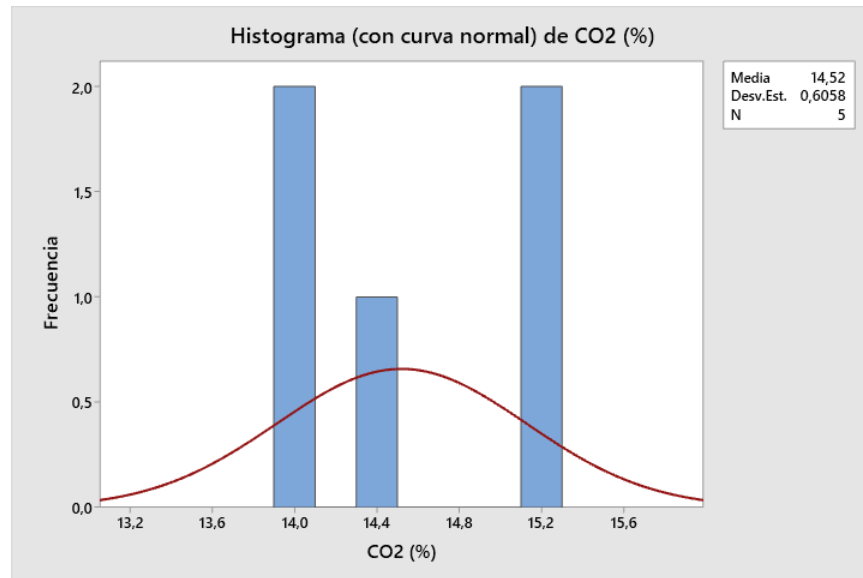
Nota. Representación del Histograma del gas emanado HC con curva normal.

Análisis CO2

En la Figura 63, muestra el histograma las emisiones de CO2 en porcentaje , se puede observar que se tiene un CO2 mínimo de 13,90 % y un CO máximo de 15,20 %, donde se obtiene una media de 14,52 % que sería una emisión de este gas intermedio, la desviación estándar muestra la dispersión de los datos donde tenemos una dispersión de 0,606.

Figura 63

Histograma del CO2



Nota. Representación del Histograma del gas emanado CO2 con curva normal.

Análisis O2

Debido a una mezcla rica excesiva el O2 tiende a 0 por lo que el vehículo se encuentra realizando una mala combustión.

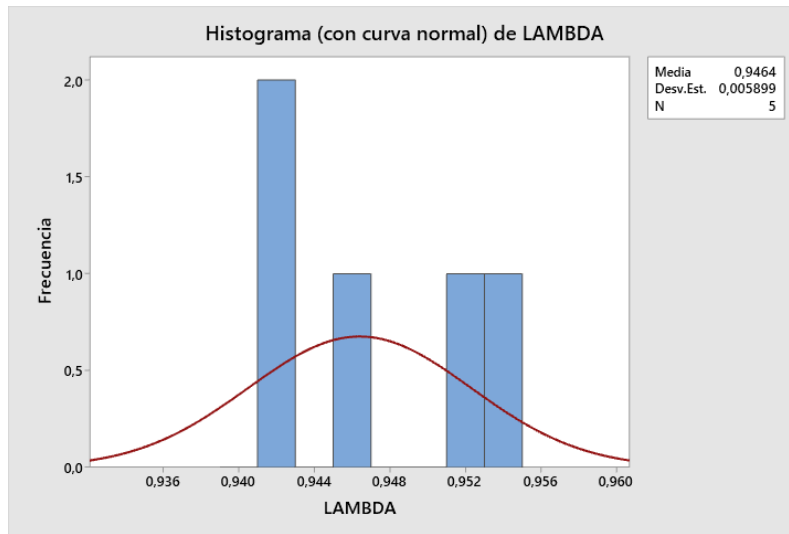
En este caso no se obtiene un histograma del O2 debido a que en todas las pruebas realizadas es 0 por una mezcla rica o exceso de combustible.

Análisis lambda

En la Figura 64, muestra el histograma del factor lambda, se puede observar que se tiene un factor lambda mínima de 0,9410 y un factor lambda máxima de 0,9540, donde se obtiene una media de 0,9464 que sería un factor lambda intermedio, la desviación estándar muestra la dispersión de los datos donde tenemos una dispersión de 0,00590.

Figura 64

Histograma de LAMBDA



Nota. Representación del Histograma del factor lambda con curva normal.

3. Análisis del motor Mitsubishi 4G54 con el sistema de alimentación a inyección Monopunto Coolant

Los datos registrados en ralentí se obtuvieron las emisiones de gases y consumo de combustible existente con la adaptación del sistema de inyección Monopunto Coolant. En la Tabla 7 se detalla las cuatro pruebas realizadas. Para información de todos los datos se muestra en el Anexo 7.

El mayor consumo registrado es de 1,38 litros por hora, un CO máximo de 1,49%, un CO₂ de 13,3%, un O₂ de 1,04%, un HC de 260 partes por millón y un Lambda con mezcla estequiométrica de 1,016.

Tabla 7

Análisis descriptivo del sistema de inyección Monopunto Coolant

Análisis del sistema inyección Monopunto Coolant ralentí					
CONSUMO (L/h)	CO (%)	CO ₂ (%)	O ₂ (%)	HC (ppm)	Lambda

1,38	1,45	13,3	0,99	260	0,99
1,35	1,49	13,3	0,98	260	0,99
1,32	1,43	13,3	1,01	237	0,99
1,29	1,17	13,3	1,04	233	1,016

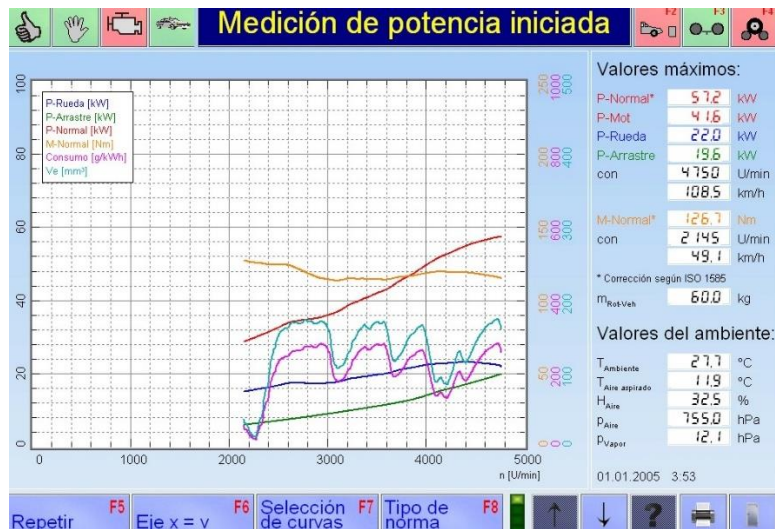
Nota. Análisis descriptivo del sistema con inyección Monopunto Coolant.

En la Tabla 5 se detalla la normativa ecuatoriana NTE INEN 2204, donde el análisis de basa en el año 1990 a 1999 y de 1500 a 3000 metros sobre el nivel del mar, donde se realiza la comparación con los datos obtenidos en la Tabla 7 y se concluye que los rangos de emisiones de gases contaminantes cumplen la normativa ecuatoriana vigente.

En la Figura 65, se puede evidenciar la potencia máxima que es de 57,2kW a 4750 revoluciones por minuto y un torque máximo de 126,7Nm a 2145 revoluciones por minuto.

Figura 65

Medición de potencia y torque máximo con el sistema de inyección Monopunto Coolant



Nota. Representación gráfica de la potencia y torque máximo generado con el sistema de inyección Monopunto Coolant.

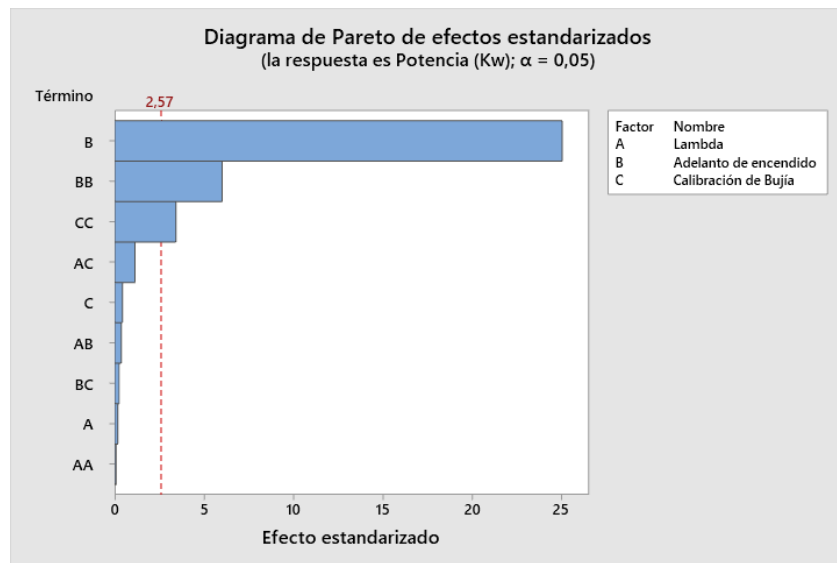
Se procedió a recopilar los datos en conjunto con el banco de potencia, flujómetro y medidor de gases para recolectar los datos y proceder con el análisis donde se tomó como variable el factor lambda, adelanto al encendido y apertura de la bujía.

Análisis de potencia

En la Figura 66, el diagrama de Pareto muestra cuales son los factores más influyentes en la potencia del vehículo, como se puede observar en la gráfica es el adelanto al encendido junto a su doble interacción y la interacción doble de la calibración de bujía.

Figura 66

Diagrama de Pareto de la potencia



Nota. Representación del diagrama de Pareto de potencia.

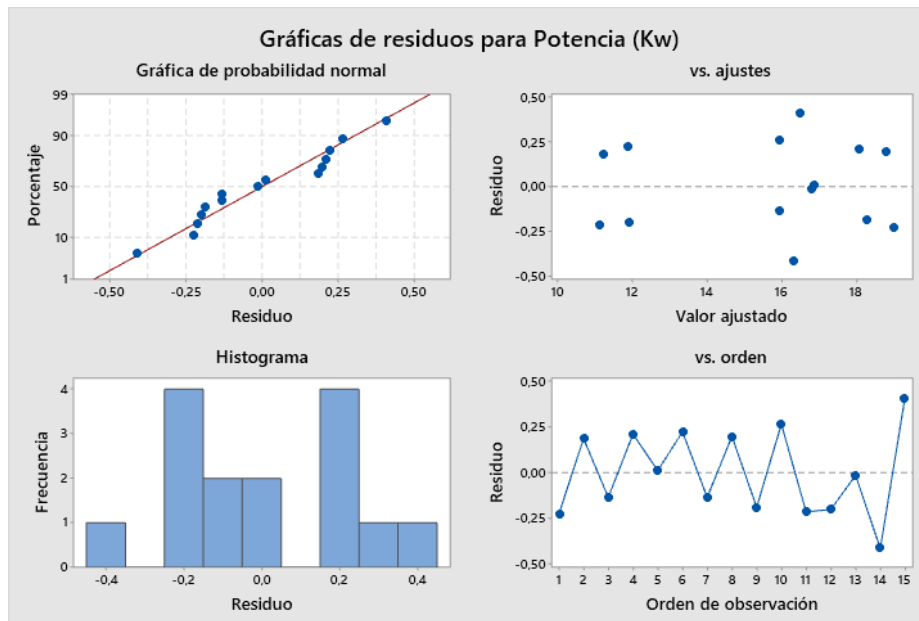
En la Figura 67, se muestra la gráfica de probabilidad normal, se puede observar que el primer y último punto está cerca de la línea por lo que significa que no existen valores atípicos en el modelo experimental.

Los residuos versus el valor ajustado muestran los residuos de las muestras, están se presentan de forma aleatoria y dispersa alrededor de la línea 0, lo cual indica que la varianza es constante.

Los residuos versus el orden, muestra que los datos de manera aleatoria y dispersos a la línea 0, lo que indica que no existe error de correlación, cumpliendo su interacción.

Figura 67

Residuos de potencia



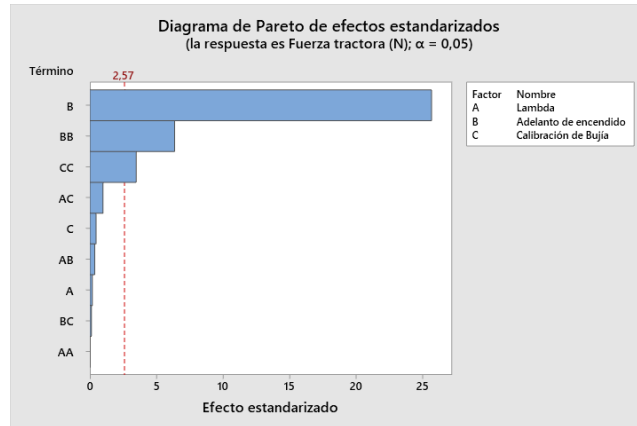
Nota. Representación de las gráficas de residuos para la potencia.

Análisis de fuerza tractora

En la Figura 68, el diagrama de Pareto muestra cuales son los factores más influyentes en la fuerza tractora del vehículo, como se puede observar en la gráfica es el adelanto al encendido junto a su doble interacción y la interacción doble de la calibración de bujía.

Figura 68

Diagrama de Pareto de la fuerza tractora

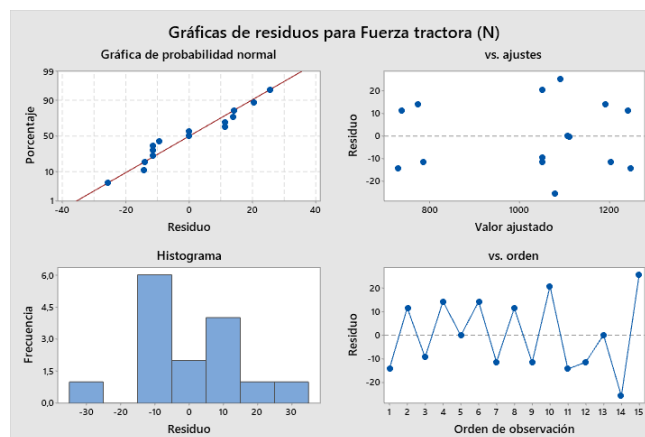


Nota. Representación del diagrama de Pareto de la Fuerza tractora.

En la Figura 69, se muestra la gráfica de probabilidad normal, se puede observar que no existen valores atípicos en nuestro modelo experimental. Los residuos versus el valor ajustado indican que la varianza es constante. Los residuos versus el orden, determina que no existe error de correlación, cumpliendo su independencia.

Figura 69

Residuos de la fuerza tractora



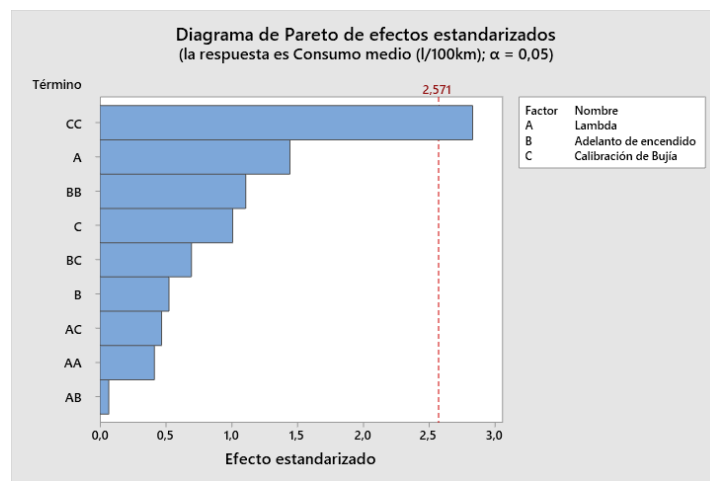
Nota. Representación de las gráficas de residuos para la fuerza tractora.

Análisis de consumo

En la Figura 70, el diagrama de Pareto muestra cuales son los factores más influyentes en el consumo del vehículo, como se puede observar en la gráfica es la interacción doble de calibración de bujía.

Figura 70

Diagrama de Pareto del consumo medio



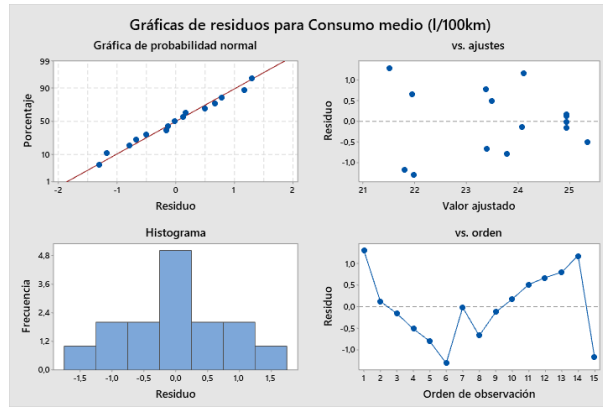
Nota. Representación del diagrama de Pareto del consumo medio.

En la Figura 71, se muestra la gráfica de probabilidad normal, se puede observar que el primer y último punto está cerca de la línea por lo que significa que no existen valores atípicos en nuestro modelo experimental. Los residuos versus el valor ajustado muestran los residuos de las muestras, están se presentan de forma aleatoria y dispersa alrededor de la línea 0, determina que la varianza es constante.

Los residuos versus el orden, muestra que los datos de manera aleatoria y dispersos a la línea 0, lo que indica que no existe error de correlación, as muestras están de forma diversa cumpliendo su independenciam.

Figura 71

Residuos del consumo medio



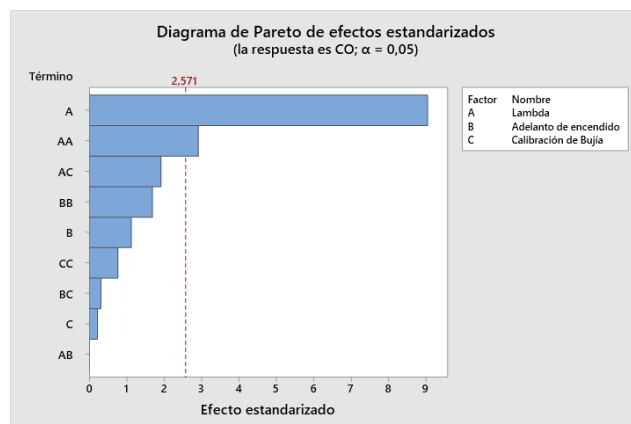
Nota. Representación de las gráficas de residuos para el consumo medio.

Análisis CO

En la Figura 72, el diagrama de Pareto muestra cuales son los factores más influyentes en las emisiones de CO, como se puede observar en la gráfica es el factor lambda junto a su doble interacción.

Figura 72

Diagrama de Pareto del CO



Nota. Representación del diagrama de Pareto del gas emanado CO.

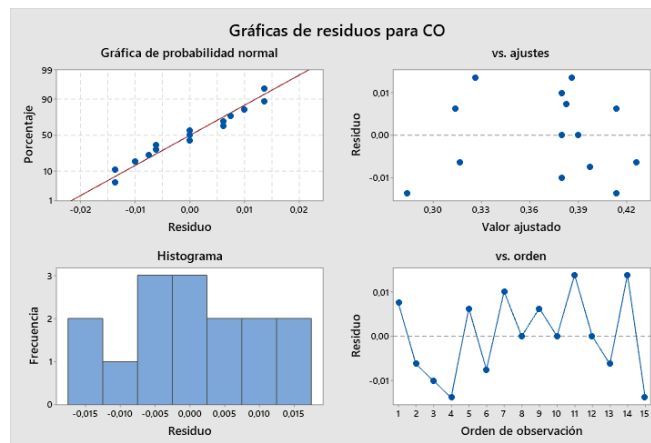
En la Figura 73, se muestra la gráfica de probabilidad normal, se puede observar que el primer y último punto está cerca de la línea por lo que significa que no existen valores atípicos en nuestro modelo experimental.

Los residuos versus el valor ajustado muestran los residuos de las muestras, están se presentan de forma aleatoria y dispersa alrededor de la línea 0, indica que la varianza es constante.

Los residuos versus el orden, muestra que los datos de manera aleatoria y dispersos a la línea 0, lo que indica que no existe error de correlación, por lo que cumple su independencia.

Figura 73

Residuos del CO



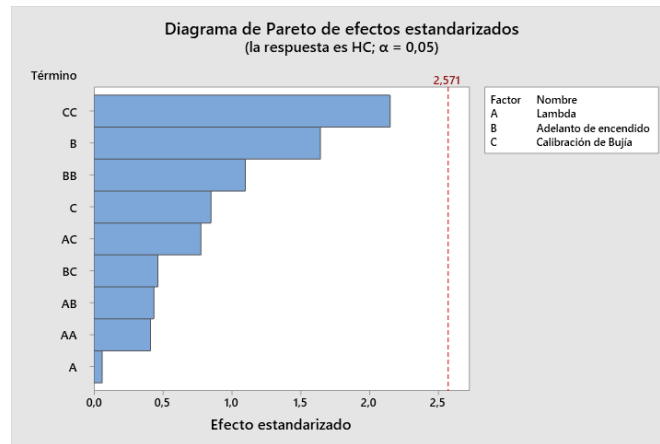
Nota. Representación de las gráficas del gas emanado CO.

Análisis HC

En la Figura 74, el diagrama de Pareto muestra cuales son los factores más influyentes en las emisiones de HC, como se puede observar en la gráfica los factores no influyen de manera significativa, debido a que este son los hidrocarburos no quemados en la combustión, en nuestro análisis tenemos una buena combustión por lo que nuestro modelo experimental no se percibe mucha influencia de estos factores.

Figura 74

Diagrama de Pareto del HC

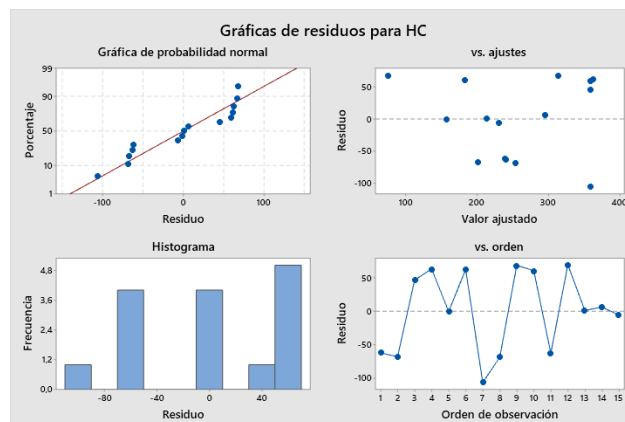


Nota. Representación del diagrama de Pareto del gas emanado HC.

En la Figura 75, se muestra la gráfica de probabilidad normal, se puede observar que no existen valores atípicos en nuestro modelo experimental. Los residuos versus el valor ajustado muestran los residuos de las muestras, determinan que la varianza no es constante. Los residuos versus el orden indican un error poco significativo de correlación.

Figura 75

Residuos del HC



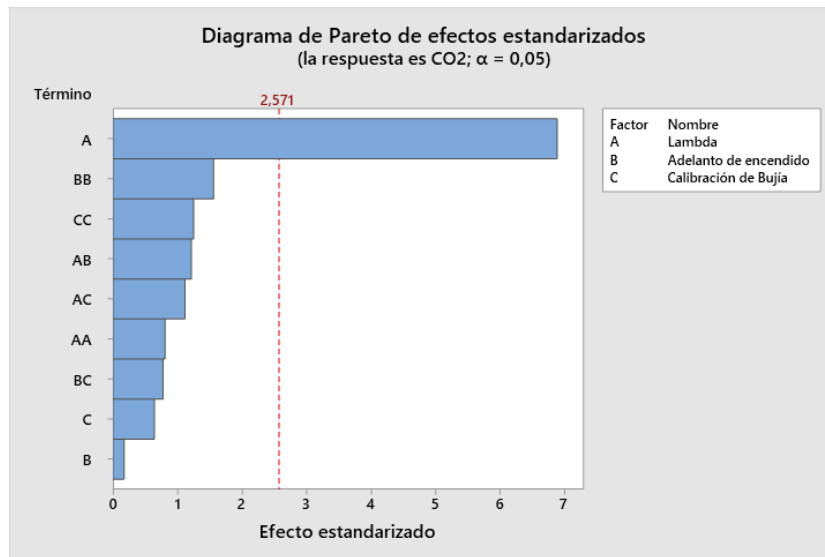
Nota. Representación de las gráficas del gas emanado HC.

Análisis CO2

En la Figura 76, el diagrama de Pareto muestra cuales son los factores más influyentes en las emisiones de CO2, como se puede observar en la gráfica es el factor lambda.

Figura 76

Diagrama de Pareto del CO2



Nota. Representación del diagrama de Pareto del gas emanado CO2.

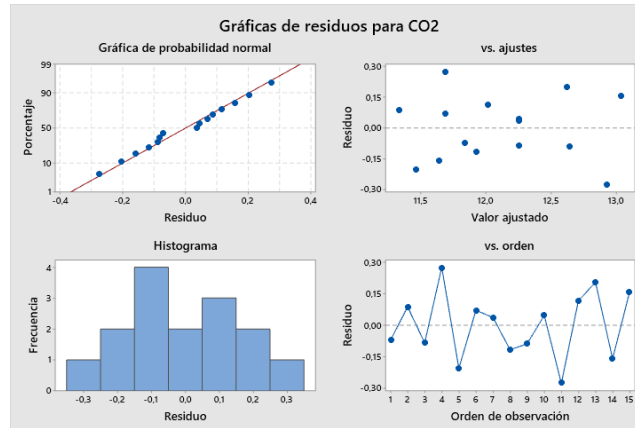
En la Figura 77, se muestra la gráfica de probabilidad normal, se puede observar que el primer y último punto está cerca de la línea por lo que significa que no existen valores atípicos en nuestro modelo experimental.

Los residuos versus el valor ajustado muestran los residuos de las muestras, están se presentan de forma aleatoria y dispersa alrededor de la línea 0, determina que la varianza es constante.

Los residuos versus el orden, muestra que los datos de manera aleatoria y dispersos a la línea 0, lo que indica que no existe error de correlación, cumple su independencia por su dispersión.

Figura 77

Residuos del CO2



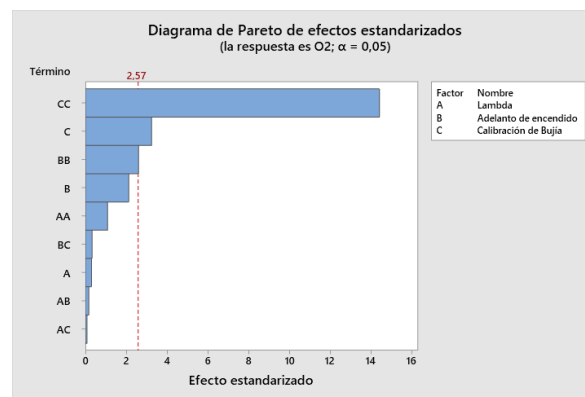
Nota. Representación de las gráficas del gas emanado CO2.

Análisis O2

En la Figura 78, el diagrama de Pareto muestra cuales son los factores más influyentes en las emisiones de O2, como se puede observar en la gráfica es la calibración de bujía junto a su doble interacción y la interacción doble del adelanto al encendido.

Figura 78

Diagrama de Pareto del O2



Nota. Representación del diagrama de Pareto del gas emanado O2.

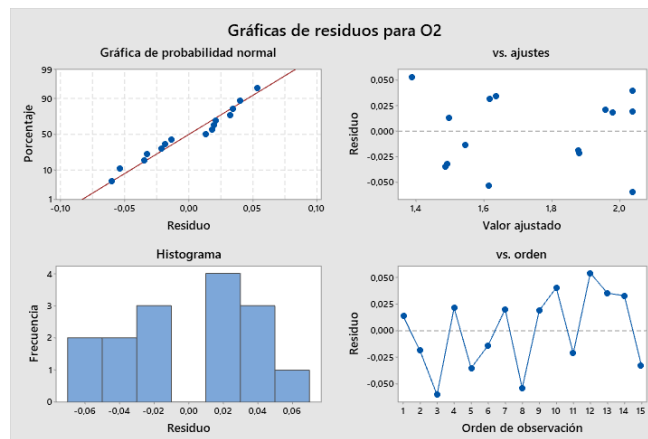
En la Figura 79, se muestra la gráfica de probabilidad normal, se puede observar que el primer y último punto está cerca de la línea por lo que significa que no existen valores atípicos en nuestro modelo experimental.

Los residuos versus el valor ajustado muestran los residuos de las muestras, están se presentan de forma aleatoria y dispersa alrededor de la línea 0, indica que la varianza es constante.

Los residuos versus el orden, muestra que los datos de manera aleatoria y dispersos a la línea 0, lo que indica que no existe error de correlación, cumple su independencia.

Figura 79

Residuos del O2



Nota. Representación de las gráficas del gas emanado O2.

Optimización de respuesta

En la Tabla 8, se presenta los ajustes en los factores de lambda, adelante al encendido y calibración de bujías para minimizar el: consumo de combustible, HC, CO, CO2 y maximizar: potencia y fuerza tractora, obteniendo el mejor rendimiento en el vehículo.

Tabla 8

Optimización de respuesta

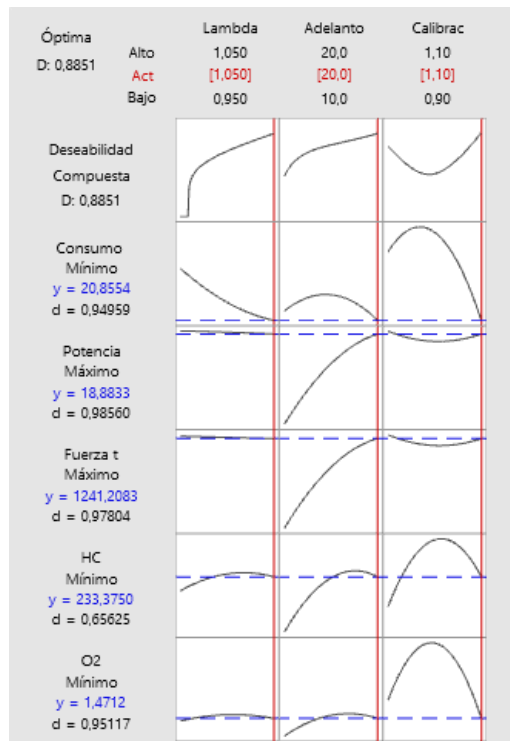
Lambda	Adelanto al encendido	Calibración de Bujía	HC	Consumo medio (l/100km)	Potencia (kW)	Fuerza tractora (N)	O2	CO
1,05	20	1,1	233,3	20,8554	18,8833	1241,2	1,471	0,293

Nota. Optimización de respuesta mediante el software para determinar la mejor combinación de las variables de entrada.

En la Figura 80, se estima el ajuste presentado en la tabla, tiene un 88% de nivel óptimo.

Figura 80

Optimización de respuesta



Nota. Representación de la optimización de respuesta del software.

RESULTADOS DEL MOTOR MITSUBISHI 4G54 A CARBURADOR Y CON LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE INYECCIÓN MONOPUNTO COOLANT

Una vez ya realizada todas las pruebas con el sistema convencional a carburador y con el sistema a inyección, se puede evidenciar una gran diferencia de factores que mejoraron con la implementación.

En la tabla 9, se puede evidenciar las comparaciones del sistema de alimentación a carburador y con la implementación del sistema de inyección Monopunto Coolant a ralentí.

En la misma se puede observar una disminución considerable del consumo de combustible y de las emisiones de gases contaminantes, además se logra una mezcla estequiométrica durante el funcionamiento a ralentí.

Tabla 9

Análisis de resultados de funcionamiento del sistema a carburador versus el sistema de Inyección a ralentí

Sistemas de alimentación de combustible	Carburador	Inyección Monopunto Coolant
CONSUMO (L/h)	5,34	1,38
CO (%)	5,13	1,17
CO ₂ (%)	6,7	13,3
O ₂ (%)	3	1,04
HC (ppm)	2094	233
LAMBDA	0,773	1,016

Nota. Representación de los resultados obtenidos de los dos sistemas de alimentación de combustible a ralentí.

Cabe recalcar que el vehículo presentaba fallas con el carburador, debido al desgaste, exceso de impurezas o algún otro factor que influya.

En la Tabla 10, se detallan los resultados obtenidos con los dos sistemas de alimentación de combustible durante una simulación de marcha a 2500 revoluciones por minuto. Se concluye que el sistema a inyección Monopunto Coolant reduce el consumo de combustible, aumenta la potencia y torque, y reduce los gases contaminantes.

Tabla 10

Análisis de resultados del funcionamiento del sistema a carburador versus el sistema de Inyección

Análisis de resultados del funcionamiento de ambos sistemas		
Sistema de alimentación de combustible	Carburador	Inyección Monopunto Coolant
CONSUMO (L/100km)	22,71	20,85
POTENCIA (kW)	9,9	18,88
TORQUE (N)	626	1241,21
CO (%)	1,38	0,27
CO2 (%)	15,2	13,2
O2 (%)	0	1,46
HC (ppm)	502	233
Lambda	0,954	1,05

Nota. Representa una comparación del sistema a carburador y sistema inyección monopunto Coolant a 2500 revoluciones.

En la Tabla 11, se detallan los resultados de la potencia y torque máximo generado con los dos sistemas. Donde se puede evidenciar un aumento de potencia y torque al implementar el sistema de inyección Monopunto Coolant.

Tabla 11

Comparación de resultados de potencia y torque máximo del sistema a carburador versus el sistema de inyección

Sistemas de Alimentación	Carburador	Inyección Monopunto Coolant
Potencia a la rueda (kW/rpm)	5,4/3795	22/4750
Potencia de arrastre (kW/rpm)	14,3/3795	19,6/4750
Potencia normal (kW/rpm)	27/3975	57,2/4750
Potencia en el Motor (kW/rpm)	19,8/3975	41,6/4750
Torque normal (Nm/rpm)	91,5/2140	126,7/2145
Velocidad máxima (Km/h)	86,9	108,5

Nota. Representación de la potencia y torque máximos generados del sistema a carburador versus el sistema de inyección.

Potencia y torque

En las distintas pruebas realizadas se puede evidenciar que la potencia aumenta notablemente debido a una dosificación estequiométrica de aire-combustible a distintos regímenes del motor o condiciones de funcionamiento.

Consumo de combustible

Mediante los resultados se determina que el consumo de combustible bajó al implementar el sistema de inyección de combustible, debido a una dosificación adecuada de combustible.

Gases contaminantes

Analizando los resultados obtenidos se puede concluir que existe una gran diferencia, debido a una buena combustión, además se puede determinar que con el sistema anterior a carburador no cumple la normativa ecuatoriana NTE INEN 2204 debido a una alta contaminación y con el sistema de inyección Monopunto Coolant cumple los estándares requeridos.

CONCLUSIONES

Mediante la recopilación de información sobre la conversión de sistemas de carburador a sistema de inyección Monopunto Coolant, se pudo evidenciar los diferentes elementos eléctricos y mecánicos que componen, posterior a ello se recolectó la información necesaria facilitando la adaptación del sistema de inyección en el motor 4G54 Mitsubishi, así como también permitiendo el manejo adecuado de los equipos, banco dinamométrico, analizador de gases, flujómetro para proceder con las pruebas obteniendo una optimización de las variables de entrada determinando los mejores parámetros de funcionamiento.

Con software de ingeniería se pudo diseñar las bases y acoples necesarios para la implementación del sistema de inyección Monopunto Coolant, además brinda información necesaria sobre la resistencia que tiene el material a diferentes factores como, temperatura, presión y cargas mediante el tiempo de funcionamiento; luego del análisis se concluyó que el material es óptimo para soportar esfuerzos, deformaciones y temperaturas elevadas, cabe recalcar que el espesor de la placa se diseñó entorno a la longitud del perno.

Con la implementación del sistema de inyección Monopunto y la realización de pruebas de funcionamiento, se pudo evidenciar que la potencia y torque aumentó de manera significativa, el consumo de combustible bajó y las emisiones de gases disminuyeron y cumpliendo con las normativas vigentes de gases NTE INEN 2204.

RECOMENDACIONES

Las pruebas realizadas en el proyecto con el sistema de inyección Monopunto Coolant se enfocaron en un vehículo en particular, se recomienda continuar con el proyecto, aplicando el sistema de inyección Monopunto a vehículos a carburador para mejorar su eficiencia.

Es recomendable realizar este procedimiento de implementación monopunto Coolant a vehículos del mismo modelo Mitsubishi con sistemas de carburador, su proceso de manufactura es fácil, el sistema es económico, conlleva mantenimientos sencillos y demuestra eficiencia en su funcionamiento.

Se recomienda repetir las corridas experimentales variando las variables de entrada para determinar un estado óptimo de potencia y torque, así como la reducción de gases contaminantes y la disminución de consumo de combustible.

BIBLIOGRAFÍA

Bosch, R. (2005). *Manual de la técnica del automóvil*. Plochingen: REVERTÉ S.A.

Bosch, R. (2014). *Fundamentals of Automotive and Engine Technology*. Friedrichshafen: Konrad Reif.

Font Mezquita, J., & Dols Ruiz, J. F. (2004). *TRATADO SOBRE AUTOMÓVILES*. Valencia: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA.

H. Crouse, W. (1989). *MECANICA DEL AUTOMOVIL*. Barcelona: MARCOMBO, S.A.

IOT, E. (17 de Enero de 2019). *Envira IOT*. Obtenido de <https://enviraiot.es/tipos-de-analizadores-de-gases/>

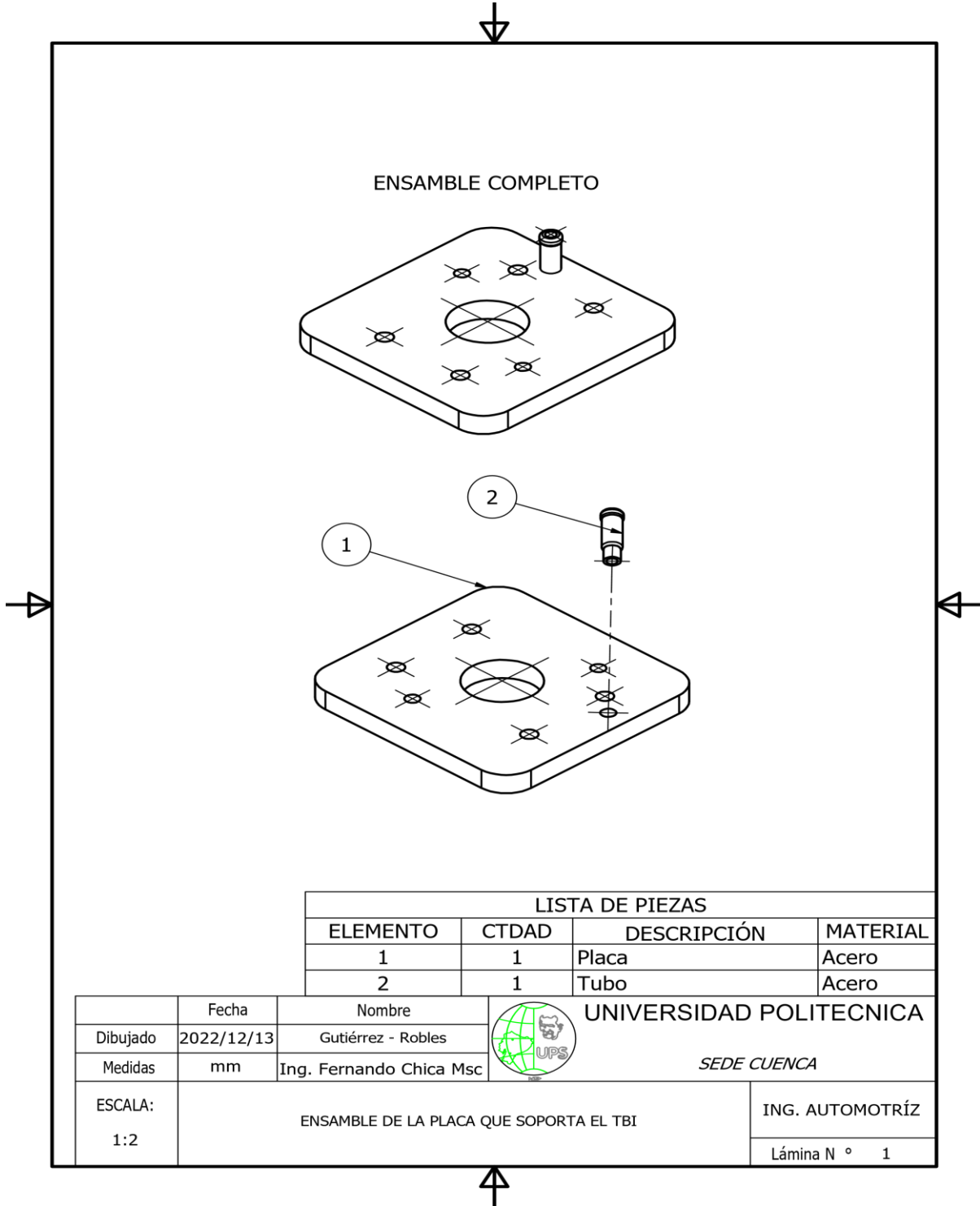
Sanz Acebes, S. (2005). *MOTORES*. Madrid: EDITEX.

Vargas Valencia, J., Ramírez Velásquez, L., Pérez Walton, S., & Madrigal Argáez, J. (2008). *Física mecánica Conceptos básicos y problemas*. Medellín: ITM.

ANEXOS

Anexo 1

Plano general de la placa que soporta al TBI.

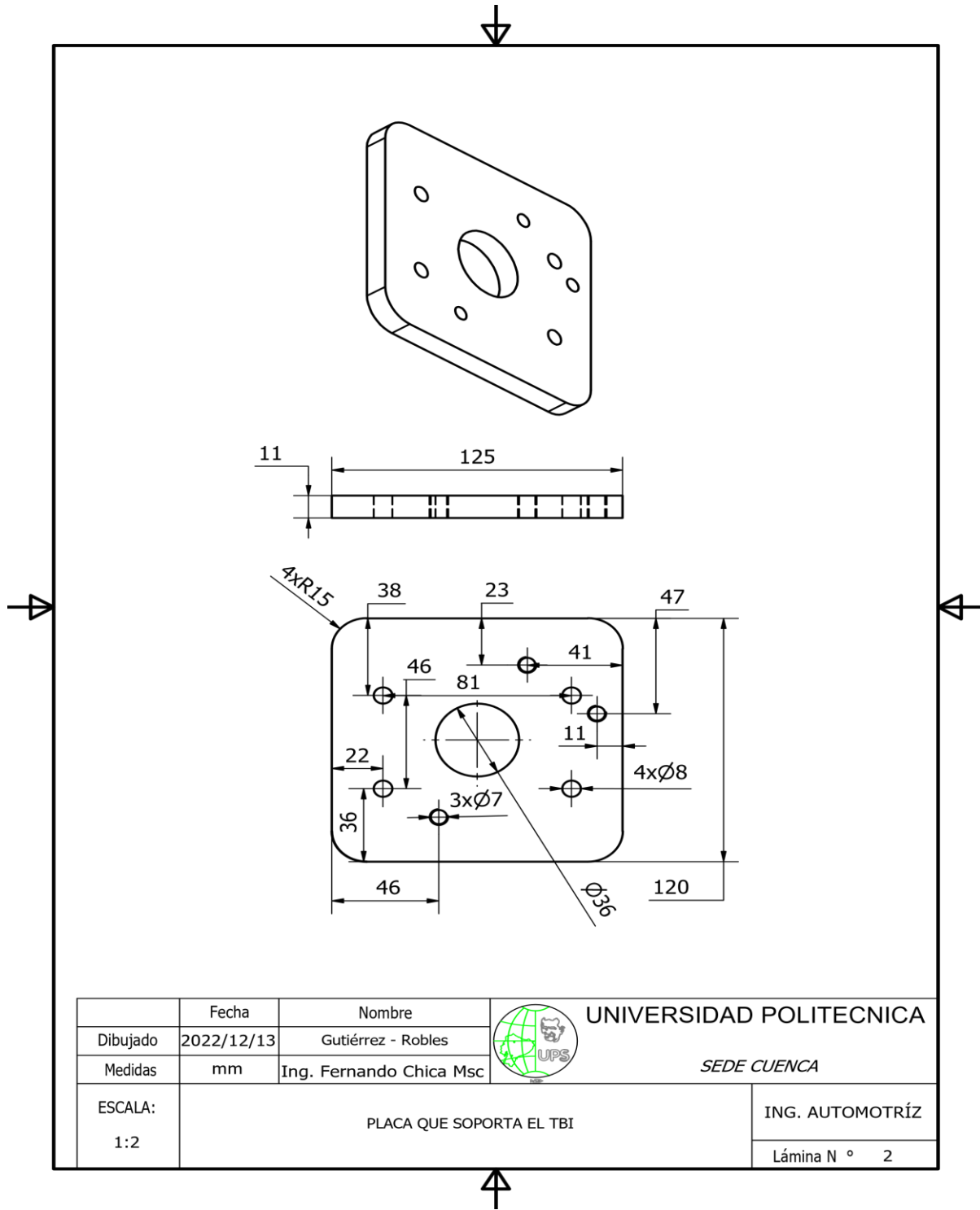


LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	DESCRIPCIÓN	MATERIAL
1	1	Placa	Acero
2	1	Tubo	Acero

	Fecha	Nombre	 UNIVERSIDAD POLITECNICA <i>SEDE CUENCA</i>
Dibujado	2022/12/13	Gutiérrez - Robles	
Medidas	mm	Ing. Fernando Chica Msc	
ESCALA:	ENSAMBLE DE LA PLACA QUE SOPORTA EL TBI		ING. AUTOMOTRÍZ
1:2			Lámina N ° 1

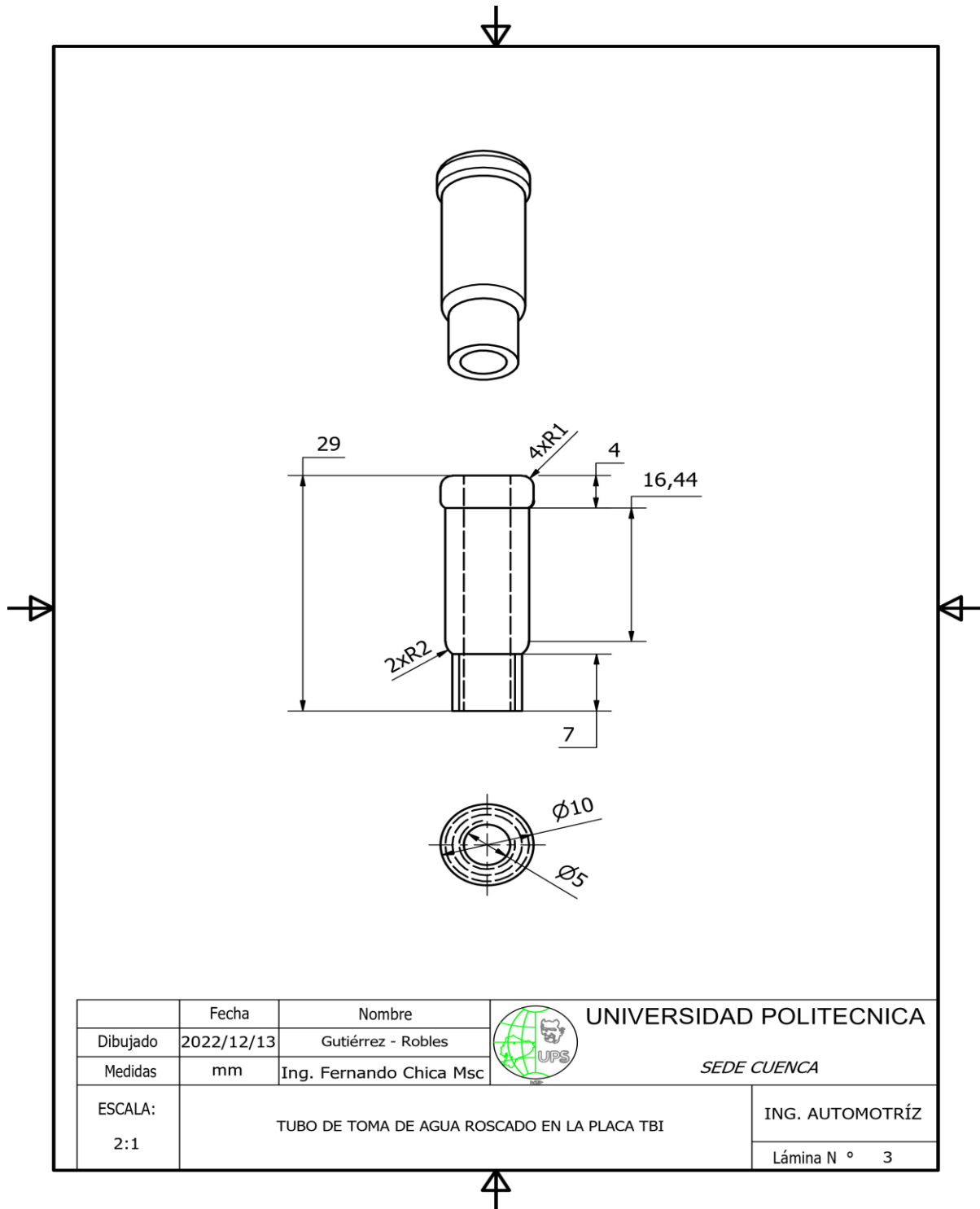
Anexo 2

Medidas correspondientes a la placa que soporta al TBI.



Anexo 3

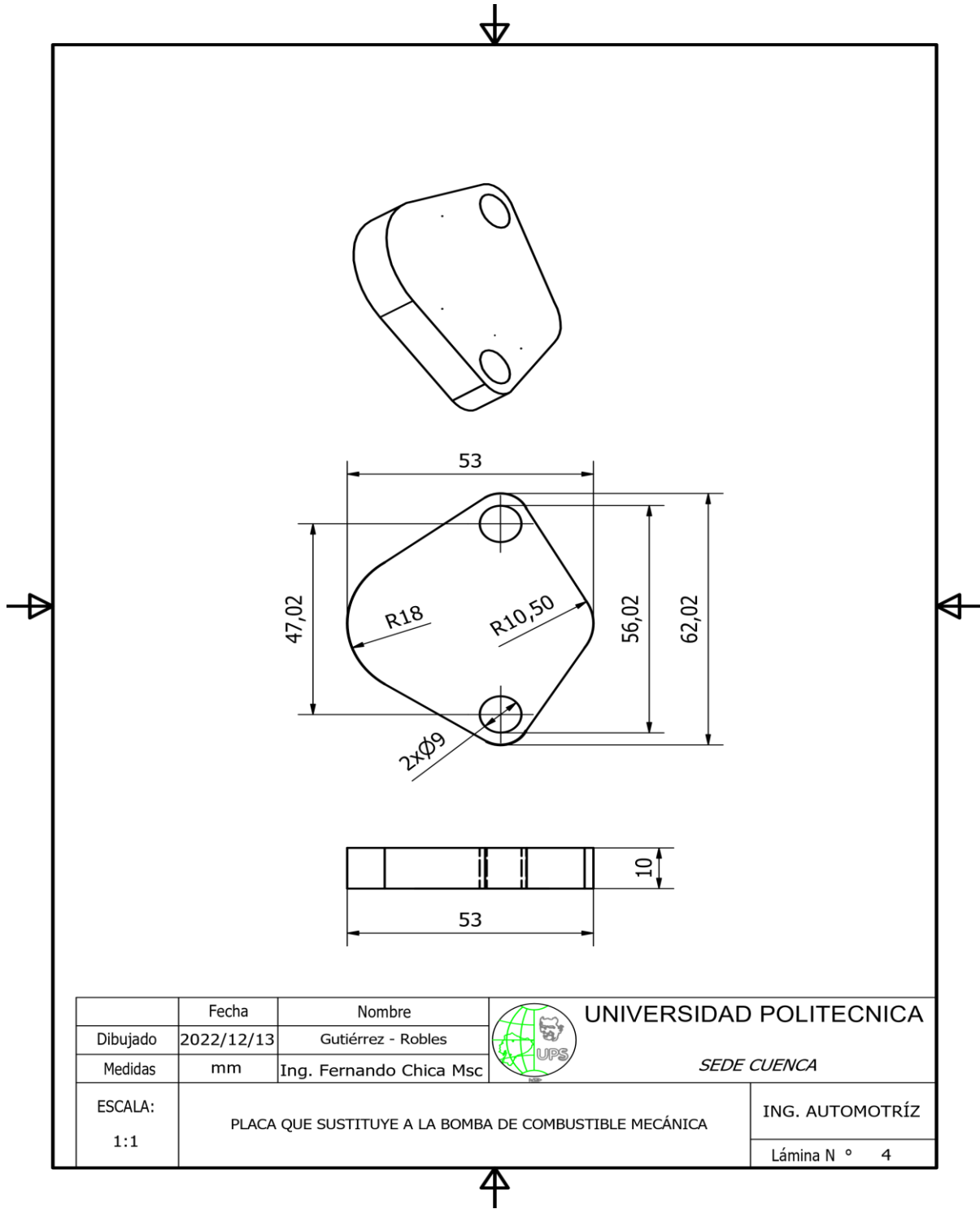
Medidas correspondientes al tubo de toma de agua roscado en la placa TBI.



	Fecha	Nombre	UNIVERSIDAD POLITECNICA SEDE CUENCA
Dibujado	2022/12/13	Gutiérrez - Robles	
Medidas	mm	Ing. Fernando Chica Msc	ING. AUTOMOTRÍZ
ESCALA: 2:1	TUBO DE TOMA DE AGUA ROSCADO EN LA PLACA TBI		Lámina N ° 3

Anexo 4

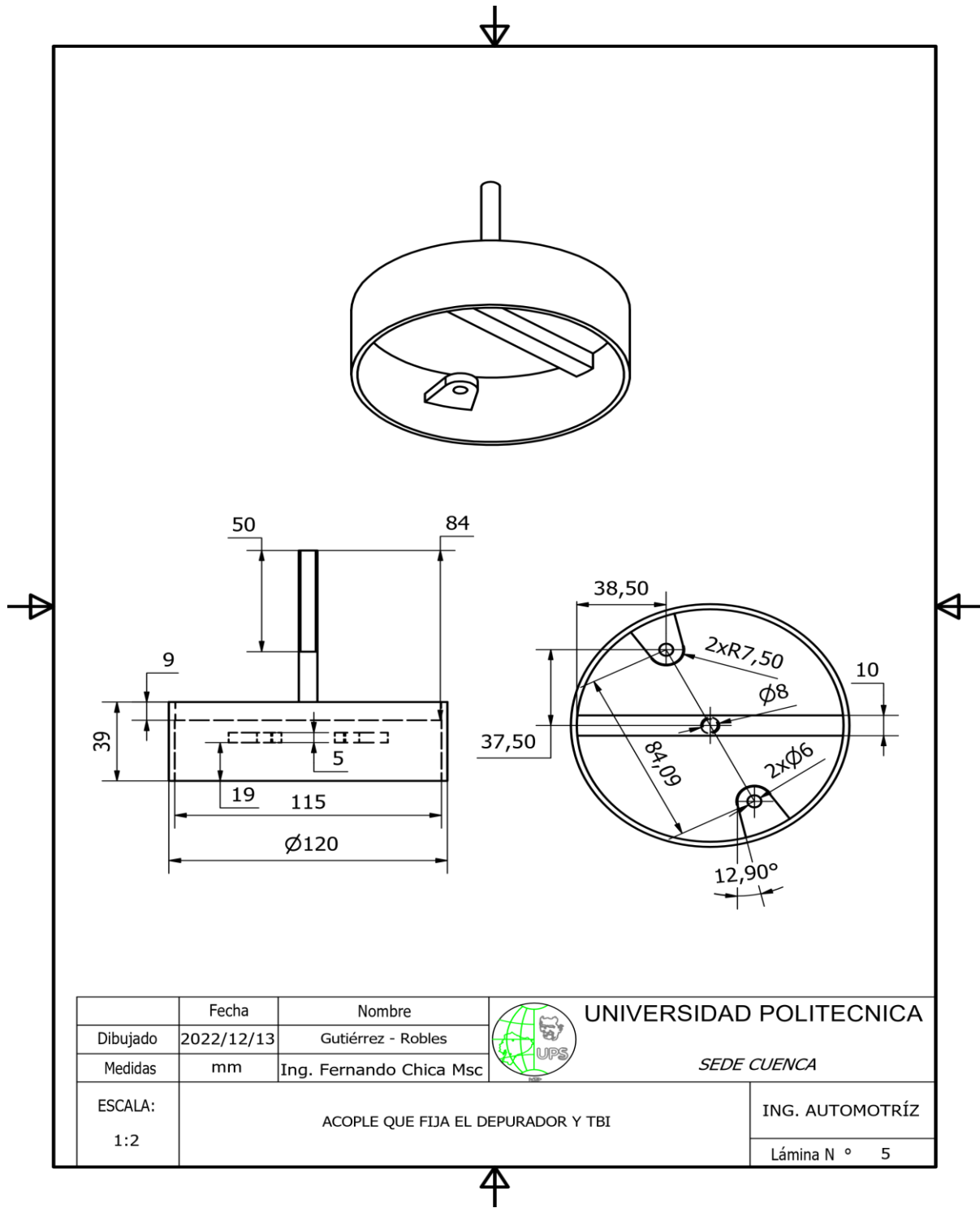
Medidas correspondientes a la placa que sustituye a la bomba de combustible mecánica.



	Fecha	Nombre	UNIVERSIDAD POLITECNICA SEDE CUENCA
Dibujado	2022/12/13	Gutiérrez - Robles	
Medidas	mm	Ing. Fernando Chica Msc	
ESCALA:	PLACA QUE SUSTITUYE A LA BOMBA DE COMBUSTIBLE MECÁNICA		ING. AUTOMOTRÍZ
1:1			Lámina N ° 4

Anexo 5

Medidas correspondientes al acople que fija el depurador y el TBI.



Anexo 6

Tabla de datos correspondiente a las pruebas con el sistema de carburador

RPM	Fuerza tractora (N)	Potencia (kW)	Consumo medio (l/100km)	CO (%)	HC (ppm)	CO2 (%)	O2 (%)	LAMBDA
2500	626	9,9	22,45	1,38	511	13,9	0	0,941
2500	574	9,2	22,71	1,38	511	14	0	0,941
2500	626	9,9	22,45	1,37	467	14,4	0	0,945
2500	574	9,2	22,71	1,08	551	15,1	0	0,951
2500	626	9,9	22,45	1,04	502	15,2	0	0,954

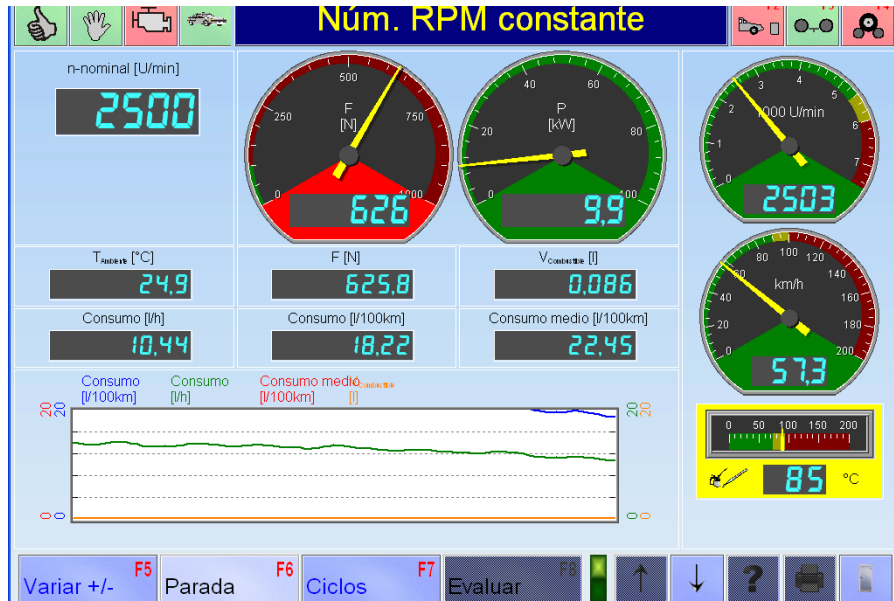
Anexo 7

Tabla de datos correspondiente al sistema de inyección Monopunto Coolant

Lambda	Adelanto al encendido	Calibración de Bujía	CO	CO2	O2	HC	Fuerza tractora (N)	Potencia (kW)	Consumo medio (l/100km)
1	20	1,1	0,39	11,8	1,5	178	1233	18,8	22,82
0,95	10	1	0,42	11,4	1,9	133	748	11,4	25,07
1	15	1	0,37	12,2	2	405	1041	15,8	24,79
0,95	20	1	0,4	12	2	425	1206	18,3	24,84
0,95	15	1,1	0,42	11,3	1,5	156	1112	16,9	22,99
1	10	0,9	0,39	11,8	1,5	245	788	12,1	20,67
1	15	1	0,39	12,3	2,1	253	1039	15,8	24,93
1	20	0,9	0,38	11,8	1,6	185	1253	19	22,73
1,05	20	1	0,32	12,6	2	382	1193	18,1	23,95
1	15	1	0,38	12,3	2,1	419	1071	16,2	25,12
1,05	10	1	0,34	12,7	1,9	178	716	10,9	24
1	10	1,1	0,39	12,1	1,4	144	774	11,7	22,62
1,05	15	0,9	0,31	12,8	1,7	214	1107	16,8	24,17
0,95	15	0,9	0,4	11,5	1,7	302	1053	15,9	25,29
1,05	15	1,1	0,27	13,2	1,5	225	1116	16,9	20,62

Anexo 8

Figura correspondiente a los datos con carburador



Anexo 9

Conexión de equipos en el banco de potencia MAHA LPS 3000



Anexo 10

Normativa ecuatoriana NTE INEN 2204



Quito – Ecuador

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

ICS: 13.040.50

05
Páginas

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

1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma establece los límites permitidos de emisiones de contaminantes producidas por fuentes móviles terrestres (vehículos automotores) que emplean gasolina.

Esta norma se aplica a las fuentes móviles terrestres de más de tres ruedas (vehículo automotor, vehículo prototipo).

Esta norma no se aplica a las fuentes móviles que utilizan combustibles diferentes a gasolina.

Esta norma no se aplica a motores de pistón libre, motores fijos, motores náuticos, motores para tracción sobre rieles, motores para aeronaves, motores para tractores agrícolas, vehículos motorizados clásicos, vehículos de competencia deportiva, maquinarias y equipos para uso en construcciones y aplicaciones industriales.

2. REFERENCIAS NORMATIVAS

Los siguientes documentos, en su totalidad o en parte, son indispensables para la aplicación de este documento. Para referencias fechadas, solamente aplica la edición citada. Para referencias sin fecha, aplica la última edición (incluyendo cualquier enmienda).

NTE INEN 2203, *Medición de emisiones de gases de escape en motores de combustión interna*

3. TÉRMINOS Y DEFINICIONES

Para los efectos de esta norma, se adoptan los siguientes términos y definiciones:

3.1

año modelo

Año de producción del modelo de la fuente móvil.

3.2

ciclo

Tiempo necesario para que el vehículo alcance la temperatura normal de operación en condiciones de marcha mínima o ralenti. Para las fuentes móviles equipadas con electroventilador, ciclo es el período que transcurre entre el encendido del ventilador del sistema de enfriamiento y el momento en que el ventilador se detiene.

3.3

ciclos de prueba

Secuencia de operaciones estándar a las que es sometido un vehículo automotor o un motor, para determinar el nivel de emisiones que produce. Para los propósitos de esta norma, los ciclos que se aplican son los siguientes:

3.3.1

ciclo ECE + EUDC

Ciclo de prueba dinámico establecido por la Unión Europea para los vehículos livianos y medianos, que utilizan gasolina.

3.3.2**ciclo FTP-75**

Ciclo de prueba dinámico establecido por la Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos (EPA), para los vehículos livianos y medianos, que utilizan gasolina.

3.4**dinamómetro**

Aparato utilizado para medir la potencia generada por un vehículo automotor o motor solo, a través de aplicaciones de velocidad y torque.

3.5**emisión de escape**

Descarga al aire de una o más sustancias en estado sólido, líquido, gaseoso o de alguna combinación de estos, proveniente del sistema de escape de una fuente móvil.

3.6**fuentes móvil**

Fuente de emisión que por razón de su uso o propósito es susceptible de desplazarse propulsado por su propia fuente motriz. Para propósitos de esta norma, son fuentes móviles todos los vehículos automotores.

3.7**marcha mínima o ralenti**

Especificación de velocidad del motor establecida por el fabricante o ensamblador del vehículo, requerida para mantenerlo funcionando sin carga y en neutro (para cajas manuales) y en parqueo (para cajas automáticas). Cuando no se disponga de la especificación del fabricante o ensamblador del vehículo, la condición de marcha mínima o ralenti se establecerá en un máximo de 1100 r.p.m.

3.8**motor**

Fuente principal de poder de un vehículo automotor que convierte la energía de un combustible líquido o gaseoso en energía cinética.

3.9**peso bruto vehicular (PBV)**

Peso total del vehículo, definido como la suma total del peso en vacío (tara) más la carga técnicamente admisible declarada por el fabricante.

3.10**peso de vehículo en vacío (tara)**

Valor nominal del peso del vehículo, según lo indicado por el fabricante, incluyendo todo el equipo estándar que requiere para su funcionamiento normal (por ejemplo, extintor de fuego, herramientas, rueda de emergencia, etc.), además de refrigerante, aceites, el tanque de combustible con su capacidad a la mitad.

3.11**peso de referencia (PR)**

Peso del vehículo en marcha aumentado con un peso fijo de 120 kg. El peso del vehículo en marcha será el correspondiente al peso total en vacío con todos los depósitos llenos, salvo el del combustible, que estará solo a la mitad de su capacidad, un juego de herramientas y la rueda de repuesto.

3.12**prueba dinámica**

Medición de emisiones que se realiza con el vehículo o motor sobre un dinamómetro, aplicando los ciclos de prueba descritos en esta norma.

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.

BIBLIOGRAFÍA

NTE INEN 2656, Clasificación vehicular

EURO III: Community Directive (Directive 98/96), Dir 70/220/EEC as amended by Dir 98/96/EC and 2003/96/EC, Directive 70/220/CEE

EPA Tier 1 Emission Standards for Passenger Cars and Light-Duty Trucks, FTP 75, g/mi; US: Light-duty: Emissions, disponible en: http://transportpolicy.net/index.php?title=US:_Light-duty:_Emissions#Regulatory_Documents, consultado el 2016-12-16.

Resolución 1111 de 2013. Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible de la República de Colombia. Bogotá, 2013.

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: TÍTULO: GESTIÓN AMBIENTAL. AIRE. VEHÍCULOS Código ICS:
NTE INEN 2204 AUTOMOTORES. LÍMITES PERMITIDOS DE EMISIONES 13.040.50
Segunda revisión PRODUCIDAS POR FUENTES MÓVILES TERRESTRES QUE
EMPLEAN GASOLINA

ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio:	REVISIÓN: Fecha de aprobación por Consejo Directivo 2002-04-17 Oficialización con el Carácter de Obligatoria por Acuerdo Ministerial No. 02 368 de 2002-09-18 publicado en el Registro Oficial No. 673 de 2002-09-30 Fecha de iniciación del estudio: 2016-11-14
--	--

Fechas de consulta pública: Del 2016-12-01 al 2016-12-16

Comité Interno

Fecha de iniciación: 2016-12-16
Integrantes del Comité:

Fecha de aprobación: 2016-12-16

NOMBRES:

BQF. Elena Larrea (Presidenta)
Ing. Juan Burneo
Ing. Evelyn Vasco
Ing. Luis Costta
Ing. Ximena Llano

Dr. Hugo Ayala

Ing. Eduardo Quintana
Ing. Luis Silva (Secretario Técnico)

INSTITUCIÓN REPRESENTADA:

INEN – DIRECCIÓN EJECUTIVA
INEN – DIRECCIÓN DE REGLAMENTACIÓN
INEN – DIRECCIÓN DE METROLOGÍA
INEN – DIRECCIÓN DE METROLOGÍA
INEN – DIRECCIÓN DE VALIDACIÓN Y
CERTIFICACIÓN
INEN – DIRECCIÓN DE VALIDACIÓN Y
CERTIFICACIÓN
INEN – DIRECCIÓN DE NORMALIZACIÓN
INEN – DIRECCIÓN DE NORMALIZACIÓN

Otros trámites: Esta NTE INEN 2204:2017 (Segunda revisión) reemplaza a NTE INEN 2204:2002 (Primera revisión).

La Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Industrias y Productividad aprobó este proyecto de norma.

Oficializada como: Voluntaria

Por Resolución No. 16 530 de 2016-12-30

Registro Oficial Primer Suplemento No. 919 de 2017-01-10

Anexo 11

Certificado de emisiones de gases de escape en el taller automotriz ECOMOTRIZ.



ECOMOTRIZ

Speciality automotive service

CERTIFICADO DE EMISIÓN DE GASES

CLIENTE: Joel Gutierrez – Jeison Robles
FECHA DE EMISIÓN: 20/12/2022
DESCRPCIÓN: INSPECCIÓN DE EMISIONES DE GASES

TIPO DE VEHICULO	JEEP
MARCA	MITSUBISHI
MODELO	MONTERO 3P 2.6L T/M
COMBUSTIBLE	GASOLINA
PLACA	OBX0797

Que, el vehículo mencionado cumple con los estándares de emisiones de gases, ya que este se encuentra dentro del rango establecido por la norma ecuatoriana INEN 2203, las emisiones son las siguientes:

EMISION DE GASES DEL VEHÍCULO				
CO (%)	C02 (%)	O2 (%)	HC (ppm)	LAMBDA
0,27	13,2	1,46	233	1,05

Cuenca, 20 de diciembre de 2022


Ingeniero Edison Cumbe
GERENTE DEL TALLER




Ing. Edison Cumbe Mg. S. V.
Telf.: 0984708344

Dir.: Calle del Batán y Santa Cruz, Cuenca, Ecuador

Anexo 12

Certificado de emisiones de gases de escape en el Centro de Revisión Vehicular Mayancela


CENTRO DE REVISION VEHICULAR MIXTO MAYANCELA

Nombre Detcción: V 1.04.018 

Nombre/Empresa: Calle: C.P. Ciudad: Teléfono: Fecha de prueba: 22/12/2022 Hora de prueba: 8:42 Estado de carga: vacío	Matrícula: OBX0797 Kilometraje: 310181 Matriculación: Fabricante: MITSUBISHI Tipo de Vehículo: N° chasis: V120823 Cantidad de ejes: 2
---	---

Analizador de Gases

	Ralenti	Ralenti elevado
CO	3,87 % Vol.	0,51 % Vol.
CO ₂	11,90 % Vol.	13,37 % Vol.
CO _{comigido}	3,681 % Vol.	0,551 % Vol.
HC	240 ppm	34 ppm
O ₂	1,10 % Vol.	1,87 % Vol.
NO _x	— ppm	— ppm
Lambda	0,931	1,072
Temperatura	°C	°C
N° rpm	820 min ⁻¹	2430 min ⁻¹
AFR	— %	— %
Temp. aceite	— °C	— °C



Anexo 13

Medición de gases en el Centro de revisión vehicular Mayancela

